

JOSEANE CRYSTINA COSTA REGO CAMARGO

**NÍVEIS E PLANOS NUTRICIONAIS DE LISINA DIGESTÍVEL EM  
RAÇÕES PARA SUÍNOS MACHOS CASTRADOS DOS 65 AOS 160 DIAS  
DE IDADE NO PERÍODO DE VERÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

C172n  
2018

Camargo, Joseane Crystina Costa Rego, 1984-  
Níveis e planos nutricionais de lisina digestível em rações  
para suínos machos castrados dos 65 aos 160 dias de idade no  
período de verão / Joseane Crystina Costa Rego Camargo. –  
Viçosa, MG, 2018.  
xi, 48 f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Juarez Lopes Donzele.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Aminoácidos na nutrição animal. 2. Suínos - Carcaças.  
3. Suínos - Registro de desempenho. I. Universidade Federal de  
Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.40855


JOSEANE CRYSTINA COSTA REGO CAMARGO


**NÍVEIS E PLANOS NUTRICIONAIS DE LISINA DIGESTÍVEL EM  
RAÇÕES PARA SUÍNOS MACHOS CASTRADOS DOS 65 AOS 160 DIAS  
DE IDADE NO PERÍODO DE VERÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.


Aprovada em 26 de março de 2018.

  
Francisco Carlos de Oliveira Silva

  
Marcelo Dias da Silva

  
Paulo Henrique Reis Furtado Campos

  
Marcio de Souza Duarte  
(Coorientador)

  
Juarez Lopes Donzele  
(Orientador)

A Deus; meus pais José e Martinha;  
meus irmãos Juliana e Eduardo;  
minha sobrinha Luísa  
e meu marido e companheiro Ederson,  
Dedico.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por toda sua bondade em minha vida, por sempre guiar meus passos e me sustentar diante das dificuldades.

À minha amada mãe, que sempre foi meu exemplo de dedicação aos estudos. Obrigada por sempre estar ao meu lado dando força para alcançar meus objetivos.

Ao meu amado pai, por toda dedicação e esforço que teve para que os filhos conseguissem se formar; por todo incentivo durante essa longa caminhada e para que nos tornássemos pessoas íntegras.

Aos meus queridos irmãos, Juliana e Eduardo, que sempre foram meus melhores amigos, agradeço a compreensão de vocês nos momentos difíceis. Aos meus cunhados, Christopher e Tainara, pela torcida. À minha sobrinha amada, por proporcionar momentos memoráveis de alegria. Obrigada família!!

Ao meu eterno companheiro, meu marido Ederson, que sempre apoiou minhas decisões e esteve ao meu lado principalmente nos momentos difíceis. Obrigada por entender os anos que tivemos que morar em cidades diferentes para alcançar um objetivo de vida. Te amo incondicionalmente!

Agradeço à Universidade Federal de Viçosa, que por meio do Departamento de Zootecnia e do Programa de Pós-Graduação, me deram a oportunidade de conhecer e vivenciar as razões pelas quais esta é considerada uma das melhores escolas de Zootecnia do país. Gratidão eterna por essa oportunidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Ao Professor Juarez Lopes Donzele, por me receber de braços abertos desde o início; por ser um excelente orientador e por compartilhar valiosos ensinamentos técnicos e sobre a vida; afinal nós nunca saberemos tudo, mas devemos sempre continuar buscando!

À Professora Rita Flávia M. de Oliveira Donzele, pela participação na banca de qualificação e pela ajuda durante o experimento.

Ao Professor Gabriel Cipriano Rocha, pelas sugestões e contribuições científicas na banca de qualificação.

Aos Professores Paulo Henrique Reis Furtado Campos e Marcelo Dias da Silva pela participação e contribuições na banca de defesa de tese.

Ao Professor Márcio de Souza Duarte, pelas análises de ultrassom dos animais na granja, pela valiosa coorientação e contribuições científicas nas bancas de qualificação e defesa de tese.

Ao Dr. Francisco Carlos de Oliveira Silva, por possibilitar e auxiliar a condução do experimento na Fazenda Experimental da Epamig, por todas as sugestões na elaboração de resumos e participação em congressos, por todos os ensinamentos no decorrer dessa caminhada e pelas contribuições nas bancas de qualificação e defesa.

Aos colegas do grupo de pesquisa Érika, Jorge, Amanda, Tarciso e Leonardo por acompanharem essa jornada; em especial à Jéssica, Ana Paula Brustolini, Igor Donzeles, Diego, Rodrigo, Igor Bretas, Ivan e Maykelly por toda ajuda, companheirismo e amizade durante a condução do experimento e análises laboratoriais.

Aos funcionários da Fazenda Experimental Vale do Piranga, pelo apoio durante o experimento. Em especial ao José Carlos “Salame”, pela completa dedicação, companheirismo, apoio e auxílio na execução deste trabalho.

Aos amigos do Sistema Financiar da Funarbe, pelo importante aprendizado adquirido; e em especial à Luiza Dutra, por sua amizade e por me acolher em sua casa em Viçosa nessa jornada.

Ao meu grande amigo Flavio Yuri, pela amizade e companheirismo mesmo à distância.

Muito obrigada por fazerem parte desse trabalho e da minha vida!

*“A única pessoa com a qual você pode se  
comparar é com você mesmo, no passado”.*

*(Sigmund Freud)*

## **BIOGRAFIA**

JOSEANE CRYSTINA COSTA REGO CAMARGO, filha de José Maria Rego e Martinha Costa Rego, nasceu em dezembro de 1984, em Foz do Iguaçu, Paraná.

Em maio de 2002 iniciou o curso de Zootecnia na Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, graduando-se em fevereiro de 2009.

Entre junho de 2009 e fevereiro de 2011 trabalhou na área de Controle de qualidade da fábrica de rações da Granja São Roque, localizada em Videira, Santa Catarina.

Em março de 2011 iniciou o curso de mestrado em Ciências Veterinárias com ênfase em Nutrição de leitões na fase de pós-desmame, na Universidade Federal do Paraná, Curitiba, concluindo em março de 2013.

Entre outubro de 2013 e julho de 2014 exerceu a função de Bolsista de Gestão em Ciência e Tecnologia/Fapemig no Núcleo de Negócios e Parcerias da Fundação Arthur Bernardes (Funarbe), Viçosa, Minas Gerais.

Em agosto de 2014 iniciou o curso de doutorado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de nutrição de monogástricos, submetendo-se à defesa em março de 2018.



## SUMÁRIO

RESUMO .....	viii
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS.....	5
Níveis de lisina digestível em dietas para suínos machos castrados dos 65 aos 105 dias de idade criados em ambiente de calor.....	7
RESUMO .....	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUÇÃO .....	9
MATERIAL E MÉTODOS .....	10
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	13
CONCLUSÃO .....	19
REFERÊNCIAS.....	20
Planos nutricionais de lisina digestível em dietas para suínos machos castrados dos 65 aos 160 dias de idade criados em ambiente de calor.....	24
RESUMO .....	24
ABSTRACT.....	25
INTRODUÇÃO .....	26
MATERIAL E MÉTODOS .....	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
Desempenho e características de carcaça.....	34
Qualidade de carne.....	38
CONCLUSÃO .....	43
REFERÊNCIAS.....	44

## RESUMO

CAMARGO, Joseane Crystina Costa Rego, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2018. **Níveis e planos nutricionais de lisina digestível em rações para suínos machos castrados dos 65 aos 160 dias de idade no período de verão.** Orientador: Juarez Lopes Donzele. Coorientadores: Márcio de Souza Duarte e Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele.

O objetivo proposto neste trabalho foi avaliar níveis de lisina digestível (Ld) e planos nutricionais baseados em Ld para suínos machos castrados dos 65 aos 105 dias de idade (crescimento) e dos 65 aos 160 dias de idade (crescimento e terminação), por meio de avaliações de desempenho, características de carcaça e qualidade de carne. Oitenta leitões com peso inicial de  $25,70 \pm 1,93$  kg foram distribuídos em um experimento de blocos ao acaso composto por cinco tratamentos, oito repetições e dois animais por unidade experimental. Os tratamentos foram compostos por cinco dietas, sendo a dieta basal, formulada à base de milho e farelo de soja sem adição de aminoácidos industriais. As outras quatro dietas foram suplementadas, a partir da dieta basal, com L-lisina HCl 78%, DL-metionina 99%, e, quando necessário, L-treonina 98%, L-triptofano 98% e L-valina 96,5%, em substituição ao amido. Formando, assim, os tratamentos com níveis crescentes de Ld na fase de crescimento (8; 9; 10; 11 e 12 g de Ld por kg de ração) e de planos nutricionais nas fases de crescimento e terminação (8-7-6; 9-8-7; 10-9-8; 11-10-9; 12-11-10 g de Ld por kg de ração). Aos 105, 135 e 160 dias de idade dos suínos, os animais foram pesados, e a quantidade de ração fornecida em cada baia (descontadas as sobras e desperdícios) foi calculada para determinação do consumo de ração e de lisina digestível, do ganho de peso e da conversão alimentar dos animais em cada período experimental. Aos 105 e aos 135 dias, foram realizadas medições por ultrassom para a determinação das características de carcaça dos animais. Aos 160 dias de idade os animais foram pesados e, após o abate, as carcaças foram avaliadas individualmente com auxílio de uma pistola tipificadora para determinar a quantidade de carne e profundidade de músculo. Foram coletadas amostras do músculo *Longissimus dorsi* de quarenta animais, com peso final mais próximo à média do tratamento, para avaliação da qualidade da carne (cor, pH, força de cisalhamento e perdas de água). Os resultados do estudo foram apresentados em dois capítulos, dos 65 aos 105 dias e dos 65 aos 160 dias. Dos 65 aos 105 dias a conversão alimentar e a espessura de toucinho melhoraram

( $P < 0,05$ ) de forma quadrática até os níveis estimados de 10,6 e 10,89 g de Ld/kg de ração. Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis de Ld sobre as demais características avaliadas no período. Dos 65 aos 160 dias, não houve efeito ( $P > 0,05$ ) dos planos nutricionais no consumo de ração, no ganho de peso diário, na conversão alimentar, na área de olho de lombo, na profundidade de músculo e na espessura de toucinho. No entanto, a intensidade de vermelho ( $a^*$ ) do músculo *Longissimus dorsi* foi menor ( $P < 0,05$ ) para os animais que receberam o plano nutricional correspondente a 11-10-9 g de Ld/kg de ração. Conclui-se que o plano nutricional correspondente a 8-7-6 g de Ld/kg de ração fornecido, respectivamente, dos 65 aos 105, 106 aos 135 e 136 aos 160 dias, atende as exigências nutricionais de suínos machos castrados em fase de crescimento e terminação criados em período de verão.

## ABSTRACT

CAMARGO, Joseane Crystina Costa Rego, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2018. **Levels and nutritional plans of digestible lysine in diets for growing-finishing barrows maintained in a heat environment.** Adviser: Juarez Lopes Donzele. Co-Advisers: Márcio de Souza Duarte and Rita Flávia Miranda de Oliveira Donzele.

The aim of the study was to evaluate levels of digestible lysine and nutritional plans based on digestible lysine for castrated male pigs from 65 to 105 days (growing) and from 65 to 160 days of age (growing-finishing), through performance, carcass characteristics and meat quality. Eighty barrows with 65 days of age and initial body weight of  $25.70 \pm 1.93$  kg were allocated in pair in a randomized block design, with five treatments and eight replicates. The basal diet for each phase contained corn and soybean meal and no supplemental industry amino acid. Four additional diets were formulated, from the basal diet, by adding L-lysine HCl 78% and, when necessary, DL-methionine 99%, L-threonine 98%, L-tryptophan 98% and L-valine 96.5%, replacing the starch. Providing increasing levels of lysine on growing (8; 9; 10; 11 and 12 g of digestible lysine per kg of feed) and five nutritional plans on growing-finishing (8-7-6; 9-8-7; 10-9-8; 11-10-9; 12-11-10 g of digestible lysine per kg of feed). At 105 and 135 days, barrows were weighed and subjected to analysis of ultrasound to determine carcasses characteristics. At the end of the experimental period (160 days of age) the animals were weighed and after slaughter, carcasses were evaluated individually using a typifying pistol to evaluate the percentage and the content of carcass meat and backfat thickness. *Longissimus dorsi* muscle samples were collected from forty animals to evaluate meat quality (color, pH, shear force and water losses). The results of this study were presented in two chapters, from 65 to 105 days of age and from 65 to 160 days of age. In the growing phase (65 to 105 days), lysine levels showed a quadratic effect ( $P < 0.05$ ) on feed conversion and backfat thickness up to the estimated levels of 10.6 and 10.89 g of digestible lysine/kg of feed. There was no effect ( $P > 0.05$ ) of digestible lysine levels on the other characteristics evaluated in the period. From 65 to 160 days, the nutritional plans of digestible lysine had no effect ( $P > 0.05$ ) on feed intake, daily gain weight, feed conversion ratio and carcass characteristic. However, the red intensity ( $a^*$ ) of *Longissimus dorsi* muscle was lower ( $P < 0.05$ ) for the animals that received the

nutritional plane corresponding to 11-10-9 g/kg Ld. In conclusion, the nutritional plans of digestible lysine corresponding to 8-7-6 g/kg provided, respectively, from 65 to 105, 106 to 135 and 136 to 160 days, meets the nutritional requirements of growing-finishing castrated male pigs kept in heat environment.

## INTRODUÇÃO GERAL

O agronegócio representa uma parcela de grande importância na economia do Brasil, com uma participação correspondente a 21,58% do PIB nacional em 2017 (CEPEA - ESALQ/USP). E, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o crescimento acumulado do setor para o mesmo ano foi de 14,5%, auxiliando no crescimento de 1% do PIB comparado ao ano de 2016.

Este resultado é devido, principalmente, ao melhor desempenho da agricultura, com destaque para as lavouras de milho e soja, e na pecuária, com destaque para suínos e leite. Visto que a carne suína é a proteína animal mais produzida e consumida no mundo, destaca-se a importância da suinocultura brasileira, pois é a 4ª maior produtora e exportadora mundial de dessa fonte de proteína (ABPA, 2017).

Inúmeros fatores estão associados a predileção do consumo desta proteína de origem animal, que, aliadas a tecnologias produtivas, tornam esta cadeia extremamente importante no cenário econômico nacional e mundial. Com o propósito de suprir a demanda por fontes de proteína de qualidade, a tríade: nutrição x genética x manejo, dentre as tecnologias disponíveis, tem sido indispensável para o sucesso e ascensão da cadeia suinícola.

Historicamente, os suínos têm sido selecionados geneticamente para atender as demandas do mercado consumidor, buscando-se melhorias na carcaça dos animais, resultando em aumento da deposição de carne e redução da deposição de gordura. Portanto, o genótipo dos animais tem sido fator determinante para atender essa demanda, uma vez que as linhagens utilizadas atualmente apresentam taxa de crescimento elevada e alto potencial para deposição de carne magra na carcaça.

No entanto, apesar da composição corporal dos animais ser definida pela genética, sem a interação com a nutrição, o manejo alimentar e o ambiente, o potencial genético não é alcançado, principalmente no que diz respeito à taxa de crescimento, à qualidade da carcaça e eficiência alimentar em resposta ao genótipo dos animais.

Uma vez utilizando animais com alta taxa de crescimento, deve-se levar em conta que suas exigências nutricionais também serão elevadas, principalmente as exigências

em aminoácidos, com destaque para a lisina. Os aminoácidos são constituintes das proteínas teciduais e também são substratos essenciais para a síntese de diversas outras substâncias no organismo (poliaminas, glutatona, creatina, carnosina, hormônios tireóideos, serotonina, entre outros) com grande importância fisiológica (WU, 2013).

A lisina é o primeiro aminoácido limitante em dietas a base de milho e farelo de soja para suínos, pois é o aminoácido exigido em maior quantidade para deposição de proteína corporal (LIAO; WANG; REGMI, 2015). Além disso, é o aminoácido de referência no conceito de proteína ideal, que se refere a uma situação em que todos os aminoácidos essenciais são igualmente limitantes para o desempenho, de modo que o fornecimento corresponda exatamente às necessidades (VAN MILGEN; DOURMAD, 2015).

Este conceito é um dos alicerces da nutrição de precisão, uma vez que otimiza a eficiência de utilização dos nutrientes, aumentando a sustentabilidade dos sistemas de produção de suínos e auxiliando na redução dos custos de produção. Além de ser também uma ferramenta eficiente para promover a redução de compostos nitrogenados excretados pelos animais, uma vez que há um aumento na relação entre o consumo e a retenção de proteína (VAN MILGEN; DOURMAD, 2015; MONTEIRO *et al.*, 2017).

As exigências de lisina para as diferentes fases de produção de suínos podem ser encontradas em diversas tabelas de recomendações nutricionais (NRC, 1998, 2012; AGROCERES PIC, 2012; ROSTAGNO *et al.*, 2017). No entanto, observa-se que além de haver grande variação entre elas, as recomendações representam valores médios e frequentemente baseados em métodos empíricos específicos que podem não corresponder à diversidade de situações práticas, já que o desempenho zootécnico está diretamente relacionado ao potencial genético, a densidade energética da ração, o sistema de arração, ao *status* sanitário, e às características climáticas a que os animais são submetidos (SOUZA, 2009; LI; PATIENCE, 2016; MONTEIRO *et al.*, 2017). Sendo assim, em muitos casos, as recomendações podem estar superestimadas.

A lisina além de desempenhar papel importante na síntese de proteínas corporais, peptídeos e ter o excedente catabolizado como fonte de energia, age também como principal fator regulador metabólico de aminoácidos, podendo alterar o metabolismo dos demais aminoácidos e outros nutrientes.

Os benefícios provenientes da suplementação de lisina às dietas de animais monogástricos podem ser devido a uma alteração no *turnover* proteico; isto é, um aumento maior na síntese proteica em contraposição à degradação (CABRAL *et al.*, 2012), e este é um processo altamente regulado, de forma que apenas as cópias necessárias para as vias metabólicas frequentes são sintetizadas.

Uma vez que a lisina é o primeiro aminoácido limitante para a deposição proteica em suínos, sua restrição nas dietas poderá diminuir a taxa de síntese proteica aumentando a proporção de energia retida como gordura (LI; PATIENCE, 2016). Neste sentido, um aumento excessivo no peso de abate resulta em maior deposição de gordura na carcaça com conseqüente diminuição do desempenho dos animais, ou seja, reduzindo sua eficiência (PARK; LEE, 2011; WU *et al.*, 2016).

Uma estratégia para atenuar esse efeito pode ser a utilização de planos nutricionais baseado em níveis de lisina digestível para cada fase de crescimento do animal, como opção de balanceamento nutricional proporcionalmente melhor, por permitir a adaptação das exigências de lisina para deposição proteica de acordo com o genótipo (SOUZA, 2015).

Neste sentido, a avaliação e entendimento da composição nutricional dos ingredientes e das dietas formuladas, bem como o conhecimento da disponibilidade metabólica dos nutrientes para suínos são essenciais para melhorar sua eficiência de utilização e suprir as demandas de mercado (HAUSCHILD; POMAR; LOVATTO, 2010).

Os recentes avanços nas pesquisas com foco em estratégias nutricionais visando alcançar o máximo potencial de utilização dos nutrientes pelos suínos para deposição muscular mostram que é necessário adequar os níveis de aminoácidos as exigências para cada fase (LI *et al.*, 2017). Portanto, fornecer uma dieta balanceada e de qualidade é o objetivo principal da indústria e está em constante aperfeiçoamento.

A importância no estudo das exigências nutricionais de lisina digestível sobre as características de desempenho e qualidade de carne de suínos com alto potencial genético, motivaram a realização da presente tese. Assim, os objetivos foram estudar o efeito de níveis de lisina digestível e planos de nutrição baseado em níveis de lisina digestível para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de



carne magra sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de suínos dos 65 aos 160 dias de idade (crescimento e terminação).

Os resultados deste estudo foram apresentados em dois capítulos, dos 65 aos 105 dias de idade e dos 65 aos 160 dias de idade, de acordo com as normas para elaboração de tese da Universidade Federal de Viçosa.

## REFERÊNCIAS

ABPA. **Relatório Anual, 2017.**

AGROCERES PIC. **Guia de Especificações Nutricionais para Machos e Fêmeas Agrocere PIC, 2012.**

CABRAL, C. H. A.; DE ALMEIDA, D. M.; MARTINS, L. S.; MENDES, R. K. V. Mecanismos fisiológicos e bioquímicos envolvidos no turnover protéico: deposição e degradação de proteína muscular. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia v. 8, n. 15, p. 1185, 2012.

CEPEA, Esalq USP. **PIB do Agronegócio Brasileiro.** Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>.

HAUSCHILD, L.; POMAR, C.; LOVATTO, P. A. Systematic comparison of the empirical and factorial methods used to estimate the nutrient requirements of growing pigs. **Animal The Animal Consortium**, v. 4, n. 5, p. 714–723, 2010.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PIB avança 1,0% em 2017 e fecha ano em R\$ 6,6 trilhões.** Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2013-agencia-de-noticias/releases/20166-pib-avanca-1-0-em-2017-e-fecha-ano-em-r-6-6-trilhoes.html>>.

LI, Q.; PATIENCE, J. F. Factors involved in the regulation of feed and energy intake of pigs. **Animal Feed Science and Technology**, 2016.

LI, Y. H.; LI, F. N.; WU, L.; LIU, Y. Y.; WEI, H. K.; LI, T. J.; TAN, B. E.; KONG, X. F.; WU, F.; DUAN, Y. H.; OLADELE, O. A.; YIN, Y. L. Reduced dietary protein level influences the free amino acid and gene expression profiles of selected amino acid transceptors in skeletal muscle of growing pigs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 101, n. 1, p. 96–104, fev. 2017.

LIAO, S. F.; WANG, T.; REGMI, N. Lysine nutrition in swine and the related monogastric animals: muscle protein biosynthesis and beyond. **SpringerPlus**, v. 4, p. 147, 2015.

MONTEIRO, A. N. T. R.; BERTOL, T. M.; DE OLIVEIRA, P. A. V.; DOURMAD, J.-Y.; COLDEBELLA, A.; KESSLER, A. M. The impact of feeding growing-finishing pigs with reduced dietary protein levels on performance, carcass traits, meat quality and environmental impacts. **Livestock Science**, v. 198, p. 162–169, 2017.

NRC. **Nutrient Requirements of Swine**. Washington, D.C.: National Academies Press, 1998.

PARK, B. C.; LEE, C. Y. Feasibility of Increasing the Slaughter Weight of Finishing Pigs. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 53, n. 3, p. 211–222, 2011.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; ABREU, M. L. T.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4a Ed, 2017.

SOUZA, L. P. O. **Níveis de lisina digestível e planos de nutrição para suínos machos castrados e fêmeas dos 18 aos 107 kg**. Universidade Federal de Minas Gerais, MG. Tese. 2009.

SOUZA, M. F. **Lisina digestível e ractopamina em rações para suínos machos castrados em terminação nos períodos de inverno e verão**. Universidade Federal de Viçosa, MG. Tese. 2015.

VAN MILGEN, J.; DOURMAD, J.-Y. Concept and application of ideal protein for pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 6, n. 1, p. 15, 11 dez. 2015.

WU, F.; VIERCK, K. R.; DEROUCHÉY, J. M.; O'QUINN, T. G.; TOKACH, M. D.; GOODBAND, R. D.; DRITZ, S. S.; WOODWORTH, J. C. A review of heavy weight market pigs: status of knowledge and future needs assessment. **Translational Animal Science**, v. 1, n. 1, p. 1–15, 11 nov. 2016.

WU, G. Functional amino acids in nutrition and health. **Amino Acids**, v. 45, 2013.

## CAPÍTULO I

### Níveis de lisina digestível em dietas para suínos machos castrados dos 65 aos 105 dias de idade criados em ambiente de calor

#### RESUMO

O objetivo foi avaliar cinco diferentes níveis de lisina digestível (Ld) em dietas para suínos machos castrados em fase de crescimento sobre o desempenho e espessura de toucinho. Oitenta leitões com peso inicial de  $25,70 \pm 1,93$  kg foram distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco tratamentos (8; 9; 10; 11 e 12 g de lisina digestível por kg de ração), oito repetições e dois animais por baía (unidade experimental). As rações experimentais e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período (40 dias). A temperatura média do ar registrada no período foi de  $22,3^{\circ}\text{C}$ . Os animais foram pesados no início e final do período experimental e submetidos à análise de ultrassom para avaliação da espessura de toucinho no ponto P2 (ET). Ao final dos 40 dias, a quantidade de ração fornecida em cada unidade experimental foi calculada e as sobras e desperdícios descontados para a determinação dos consumos de ração e de lisina digestível, do ganho de peso e da conversão alimentar na fase. Foi observado efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) dos níveis de Ld sobre a CA e a ET, estimando-se pontos de mínima de 10,6 e 10,89 g de Ld/kg de ração. Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis de Ld sobre o ganho de peso, consumo de ração e peso final dos animais. Conclui-se que os níveis de 10,6 e 10,89 g de Ld/kg de ração, correspondentes ao consumo de 21,47 e 22 g de lisina digestível/dia, proporcionaram os melhores resultados, respectivamente, de conversão alimentar e espessura de toucinho para suínos machos castrados dos 65 aos 105 dias de idade.

**Palavras-chave:** aminoácido, carcaça, desempenho, suínos machos castrados

## Digestible lysine levels in diets for growing barrows maintained in a heat environment

### ABSTRACT

To evaluate levels of digestible lysine, eighty castrated male growing pigs, weighing  $25.70 \pm 1.93$  kg at 65 days of age, were used in a randomized complete block design with five treatments (8; 9; 10; 11 e 12 g of digestible lysine per kg of feed), and eight replicates with two animals per experimental unit. Diets and water were provided *ad libitum* to the animals throughout the experimental period that lasted 40 days (65 to 105 days old). The mean air temperature observed inside of the shed during the experimental period was 22.3°C. At 105 days old, were weighed and the amount of feed provided in each pen (discounted leftovers and wastes) was calculated to determine pigs feed and lysine intake, weigh gain and feed conversion ratio in the experimental period. At the ending of the experimental period, barrows were scanned by ultrasound to fat depth. The digestible lysine levels quadratically decreased ( $P < 0.05$ ) feed conversion ratio and backfat thickness, up to the estimated levels of 10.6 and 10.89 g of digestible lysine/kg of feed, respectively. The dietary digestible lysine levels had no effect on the other performance (daily weight gain, feed intake and final body weight) parameters. In conclusion, the levels of 10.6 and 10.89 g of digestible lysine per kg of feed, corresponding to the intake of 21.47 and 22 g/day, provided the best results of feed conversion ratio and backfat thickness, respectively, for growing barrows.

**Key words:** amino acid, barrows, carcass, performance.

## INTRODUÇÃO

A avaliação precisa e a determinação da composição nutricional de dietas formuladas para suínos possibilita o fornecimento adequado de nutrientes visando atender as exigências dos animais em cada fase do ciclo de produção, garantindo o máximo desempenho produtivo. Deste modo, fornecer uma dieta balanceada e de qualidade é o objetivo central da indústria e está em constante aperfeiçoamento, principalmente no que diz respeito às fontes proteicas, que correspondem aos maiores custos na formulação de rações (REZAEI *et al.*, 2013). Dado o grande impacto econômico deste nutriente, diversas pesquisas têm sido realizadas a fim de ressaltar sua importância nutricional, de seus constituintes aminoácidos e o balanço entre eles em relação às exigências dos animais.

Os aminoácidos essenciais lisina, metionina, treonina e triptofano têm sido os de maior importância na formulação de rações para suínos, visto que os grãos e cereais comumente utilizados para este fim apresentam baixas concentrações desses aminoácidos em sua matriz nutricional (GENOVA *et al.*, 2017). A lisina é considerada o primeiro aminoácido limitante em dietas de suínos, pois sua exigência é direcionada principalmente para a síntese de proteínas musculares e, como consequência, aumento da taxa de crescimento corporal (LIAO; WANG; REGMI, 2015). A base metabólica para o maior desenvolvimento de tecido magro na carcaça fundamenta-se na relação entre as taxas de síntese e degradação da proteína muscular, ou seja, só ocorre quando há síntese líquida de proteína (MONTEIRO *et al.*, 2018).

Além disso, assim como os carboidratos e lipídeos, os aminoácidos podem ser utilizados como fonte de energia, sendo catabolizados a partir de dietas ricas em proteína, onde o excedente gera precursores de glicose (aminoácidos glicogênicos) ou ácidos graxos (aminoácidos cetogênicos) (LIAO; WANG; REGMI, 2015).

Neste contexto, a suplementação de aminoácidos industriais permite a redução do teor de proteína bruta em dietas para suínos, uma vez que a substituição de parte da proteína bruta por lisina sintética, no conceito de proteína ideal, não altera significativamente o desempenho animal (DE LA LLATA *et al.*, 2002; NYACHOTI *et al.*, 2006; ZANGERONIMO *et al.*, 2009). No entanto, deve-se levar em consideração

que as exigências aminoacídicas dos suínos têm seu padrão alterado conforme a fase do ciclo produtivo em que o animal se encontra, e pode ser influenciada por diversos fatores e suas interações (KORNEGAY; HARPER, 1997; TOUS *et al.*, 2014; SAINTILAN *et al.*, 2015), o que pode justificar a variação nos perfis de recomendação em relação aos níveis de lisina digestível obtidos em diversos estudos. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de níveis de lisina digestível na dieta sobre o desempenho e espessura de toucinho de suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne magra dos 65 aos 105 dias de idade.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção da Universidade Federal de Viçosa (CEUAP/UFV), sob o protocolo de nº 014/2015. O experimento foi realizado entre setembro e outubro de 2015, na Granja de Suínos da Fazenda Experimental do Vale do Piranga, pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), localizada em Oratórios – MG.

Foram utilizados 80 suínos machos castrados, híbridos comerciais selecionados para alta taxa de deposição de tecido magro na carcaça, provenientes de uma granja comercial, com peso inicial de  $25,70 \pm 1,93$  kg aos 65 dias de idade.

Os animais foram distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso, composto de cinco níveis de lisina digestível, oito repetições e dois animais por baia, que foi considerada a unidade experimental. Na formação dos blocos levou-se em consideração o peso inicial dos animais.

As dietas experimentais foram formuladas a base de milho e farelo de soja, utilizando na matriz nutricional os aminoácidos digestíveis calculados a partir do resultado da análise dos aminoácidos totais desses ingredientes, realizados pela empresa Evonik®. Os tratamentos experimentais foram compostos por cinco níveis sequenciais de lisina digestível (Ld), sendo uma dieta basal sem adição de aminoácidos industriais e outras quatro obtidas pela suplementação da dieta basal com L-Lisina HCl 78% e

quando necessário, DL-Metionina 99%, L-Treonina 98%, L-Triptofano 98% e L-Valina 96,5% em substituição do amido, resultando em dietas experimentais com 8; 9; 10; 11 e 12 g de Ld por kg de ração (Tabela 1).

A dieta basal para fase de crescimento (65 aos 105 dias de idade) foi formulada a base de milho e farelo de soja, para atender as exigências de suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho superior (ROSTAGNO *et al.*, 2011), visando manter suas relações com a lisina baseado na proteína ideal. A água e as rações (formuladas para serem isoenergéticas) foram fornecidas *ad libitum* durante todo período experimental (40 dias).

Os animais foram alojados em baias em galpão de alvenaria com piso de concreto, coberto com telhas de amianto, com as laterais teladas e com ventilação natural. As baias, com 1,87m<sup>2</sup> por animal, foram equipadas com comedouro semiautomático e bebedouro automático. As condições ambientais no interior do galpão foram monitoradas todos os dias durante o período experimental, registradas por meio de termômetro de máxima e mínima (7h00), termômetro de bulbo seco e bulbo úmido e de globo negro (7h00, 10h00, 13h00 e 16h00), mantidos no centro do galpão à meia altura do corpo dos animais. Os valores registrados foram convertidos no índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) para caracterização do ambiente, de acordo com a metodologia proposta por BUFFINGTON (1981).



**Tabela 1** – Composição centesimal e nutricional calculada das rações experimentais para suínos machos castrados na fase de crescimento (65 aos 105 dias de idade).

Ingredientes (kg)	Níveis de Lisina digestível (g/kg)				
	8	9	10	11	12
Milho moído 8,8%	70,689	70,689	70,689	70,689	70,689
Farelo soja 46%	25,389	25,389	25,389	25,389	25,389
Fosfato Bicálcico	1,370	1,370	1,370	1,370	1,370
Amido	1,100	0,932	0,672	0,376	0,022
Sal comum	0,405	0,405	0,405	0,405	0,405
Calcário Calcítico	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187
<b>L-lisina HCl 78%</b>	<b>0,00</b>	<b>0,129</b>	<b>0,258</b>	<b>0,387</b>	<b>0,516</b>
DL-metionina 99%	<b>0,00</b>	0,017	0,077	0,137	0,197
L-treonina 98%	<b>0,00</b>	0,022	0,093	0,165	0,237
L-Triptofano 98%	<b>0,00</b>	0,00	0,00	0,017	0,036
L-Valina 96,5%	<b>0,00</b>	0,00	0,00	0,018	0,092
Premix vitamínico <sup>1</sup>	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Premix mineral <sup>2</sup>	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Amoxicilina 10%	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Butilhidroxitolueno	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Composição nutricional<sup>3</sup></b>					
Proteína bruta (%)	17,74	17,88	18,08	18,30	18,58
Cálcio (%)	0,638	0,638	0,638	0,638	0,638
Fósforo disponível (%)	0,314	0,314	0,314	0,314	0,314
Energia Metabolizável (Mcal/kg)	3,226	3,226	3,226	3,226	3,225
<b>Lisina digestível (%)</b>	<b>0,801</b>	<b>0,900</b>	<b>1,000</b>	<b>1,100</b>	<b>1,200</b>
Metionina digestível (%)	0,258	0,275	0,334	0,392	0,451
Met+Cis digestível (%)	0,515	0,532	0,590	0,650	0,709
Treonina digestível (%)	0,566	0,586	0,650	0,716	0,781
Triptofano digestível (%)	0,182	0,182	0,182	0,193	0,216
Valina digestível (%)	0,742	0,742	0,742	0,759	0,828
Isoleucina digestível (%)	0,669	0,669	0,669	0,669	0,669
Sódio (%)	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180

<sup>1</sup>Contendo no mínimo por kg do produto: 2.000.000 UI de vitamina A; 300.000 UI de vitamina D3; 5.000 UI de vitamina E; 625 mg de vitamina K3; 5.000 mcg de vitamina B12; 1.000 mg de vitamina B2; 12,5 mg de biotina; 2.500 mg de ácido pantotênico; 6.250 mg de niacina; 500 mg de butilhidroxitolueno; 250 mg de vitamina B1; 500 mg de vitamina B6; 150 mg de ácido fólico; 60 g de colina; e 12,5 g de vitamina C. <sup>2</sup>Contendo no mínimo por quilograma 125 mg de cobalto; 125 mg de selênio; 17,5 g de ferro; 5.000 mg de cobre; 10 g de manganês; 20 g de zinco; 200 mg de iodo; e veículo q.s.p. 1.000 g. <sup>3</sup>Composição nutricional calculada com base nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO *et al.*, 2011).

As rações e a água foram fornecidas à vontade aos animais durante o período experimental. As rações, as sobras, os desperdícios e os animais foram pesados individualmente no início e no final da fase de crescimento, para determinação do Consumo de Ração Diário (CRD), Consumo de Lisina Digestível Diário (CLdD), Ganho de Diário (GPD) e Conversão Alimentar (CA). No início do período experimental e aos 40 dias de experimento foram analisadas, em todos os animais, avaliações de espessura de toucinho (ET) entre a décima e décima primeira costela, por meio de aparelho de ultrassom (Aloka SSD-500TM, Aloka, Co). A partir das imagens, as ET foram calculadas utilizando o programa computacional Biosoft Toolbox for Swine (Biotronics Inc.).

As variáveis CRD, CLdD, GPD, CA e ET foram avaliadas e, para verificar o ajuste das equações, considerou-se a menor soma dos quadrados dos desvios, a significância do teste F sob a hipótese  $H_0: \beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = 0$  e os coeficientes de determinação ( $R^2 = \text{SQ regressão}/\text{SQ tratamentos}$ ).

As características estudadas foram submetidas à análise de variância em nível de 5% de significância, utilizando o procedimento GLM do programa estatístico SAS University Edition® (SAS INSTITUTE INC., 2004) para testar os efeitos linear e quadrático dos níveis de Ld nas variáveis-resposta pelo método dos polinômios ortogonais, em um modelo contendo os efeitos fixos (covariável): peso inicial para o desempenho e mensuração inicial para os dados de ultrassom. A unidade experimental foi representada pela baía para as variáveis de desempenho e pelo indivíduo (suíno) para a variável ET.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental (setembro e outubro), a temperatura do ar foi de  $22,3 \pm 3,0^\circ\text{C}$ , a umidade relativa do ar de  $63,75 \pm 14,26\%$  e a temperatura de globo negro de  $24,68 \pm 2,80^\circ\text{C}$ , com ITGU calculado correspondendo a 70,3. Considerando que a zona de termoneutralidade para suínos em crescimento está entre 22 e  $24^\circ\text{C}$  (CERVANTES *et al.*, 2016) com ITGU entre 68,4 e 70 (FERREIRA *et al.*, 2005), pode-se inferir que os animais foram mantidos em ambiente calor.

Os dados de desempenho e características de carcaça de suínos dos 65 aos 105 dias de idade recebendo dietas com cinco níveis de Ld estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** – Desempenho e espessura de toucinho de suínos machos castrados recebendo cinco níveis de lisina digestível na dieta dos 65 aos 105 dias de idade.

	Níveis de Lisina digestível, g/kg					CV (%)
	8	9	10	11	12	
Peso inicial (kg)	25,65	25,70	25,71	25,71	25,71	7,18
Peso final (kg)	66,14	67,28	66,88	67,59	66,46	6,05
Consumo de ração (g/dia)	2161	2065	2037	1977	2031	8,59
Consumo de Ld (g/dia) <sup>1</sup>	17,29	18,59	20,37	21,74	24,38	8,23
Ganho de peso (g/dia)	1025	1049	1038	1047	1029	6,51
Conversão alimentar (g/g) <sup>2</sup>	2,11	1,97	1,96	1,89	1,98	6,94
Espessura de toucinho (mm) <sup>2</sup>	9,72	8,77	8,68	7,94	8,70	13,71

<sup>1</sup>Efeito linear do tratamento (P<0,01); <sup>2</sup>Efeito quadrático do tratamento (P<0,05).

Os níveis de Ld não influenciaram (P>0,05) o peso médio final (PMf) e o consumo de ração médio diário (CRMD) dos animais. Este resultado está consistente com os obtidos por Haese *et al.* (2011), Gattás *et al.* (2012), Rocha *et al.* (2013) e Alebrante *et al.* (2015) que também não verificaram variação significativa da ingestão voluntária de ração em suínos de diferentes sexos em razão dos níveis de lisina.

Segundo Nyachoti *et al.* (2004), o consumo de ração dos suínos pode ser influenciado tanto pela deficiência de aminoácidos limitantes quanto por um aporte total excessivo de proteína ou alguns aminoácidos essenciais, assim pode-se deduzir que as dietas utilizadas neste estudo atendiam as exigências dos animais em aminoácidos.

O consumo diário de Ld (CLd) aumentou de forma linear (P<0,001) à medida que se elevou o seu nível na dieta, conforme a equação:  $Y = 3,14 + 1,73Ld$  ( $r^2 = 0,98$ ), o que corrobora com outros estudos (HAESE *et al.*, 2011; GATTÁS *et al.*, 2012; ROCHA *et al.*, 2014; ALEBRANTE *et al.*, 2015; JACOB, 2017). Como não foi verificada variação significativa no CRMD, o aumento linear obtido no CLd justifica-se em razão direta de sua concentração na dieta.

Não se observou efeito (P>0,05) dos níveis de Ld no ganho de peso diário (GPD) dos suínos. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Suárez-Belloch *et al.* (2015), que, avaliando níveis de Ld variando de 3,2 a 6,3 g/kg não observaram variação

significativa dos tratamentos sobre o PMf e o GPD de suínos machos castrados em crescimento. De forma semelhante, Alebrante *et al.* (2015) avaliando a inclusão de Ld de 9 a 13 g/kg, também não observaram efeito dos tratamentos sobre essas variáveis em suínos machos inteiros dos 19 aos 59 kg (54 aos 100 dias de idade) mantidos em ambiente termoneutro.

Por outro lado, Rocha *et al.* (2014) em estudo conduzido com fêmeas suínas dos 63 aos 103 dias de idade mantidas em ambiente de alta temperatura, verificaram influência do nível de lisina variando de 9 a 13 g/kg, no PMf e GPD, que aumentaram de forma linear. A divergência de resultados entre os estudos pode estar relacionada entre outros fatores ao sexo e à temperatura ambiente a que os animais foram expostos.

De forma geral, as diferenças entre os sexos dos animais quanto às suas exigências nutricionais, manifesta-se pela diferença no desempenho e características de carcaça (RODRÍGUEZ *et al.*, 2008; WEILER *et al.*, 2013). Com relação ao ambiente térmico, a ativação do sistema termorregulatório dos animais em resposta a altas temperaturas ambiente representa um esforço extra, refletindo diretamente em um menor consumo de ração e conseqüentemente uma redução no GPD (RODRIGUES *et al.*, 2012). Além disso, outro fator que pode influenciar o padrão de resposta dos animais seria a diferença quanto aos níveis de desafio imunológico a que os foram submetidos, uma vez que, segundo Gandra *et al.* (2012), a ativação permanente ou temporária do sistema imune acarretará em variação das exigências em aminoácidos.

Embora não tenham sido observados efeitos significativos dos níveis de Ld sobre o GPD e o CRMD, os níveis de Ld influenciaram ( $P < 0,05$ ) a CA dos animais que variou de forma quadrática, que melhorou até o nível estimado de 10,6 g/kg (Figura 1), correspondente ao consumo de 21,51 g/kg de Ld. Resultados semelhantes foram observados na CA em razão dos níveis de Ld da dieta em estudos com suínos em crescimento de diferentes sexos e, apesar da similaridade de resposta, os níveis que proporcionaram melhor resultado de CA variou entre os estudos, que corresponderam a 11 g/kg com machos castrados (Jacob, 2017), 13 g/kg machos inteiros (Alebrante *et al.*, 2015) e 12 g/kg com fêmeas (Rocha *et al.*, 2013). Com esse resultado ficou evidenciado que o sexo dos animais é um dos fatores que influencia a exigência nutricional dos animais para se obter melhor resposta de CA por alterar a eficiência de aproveitamento do alimento.

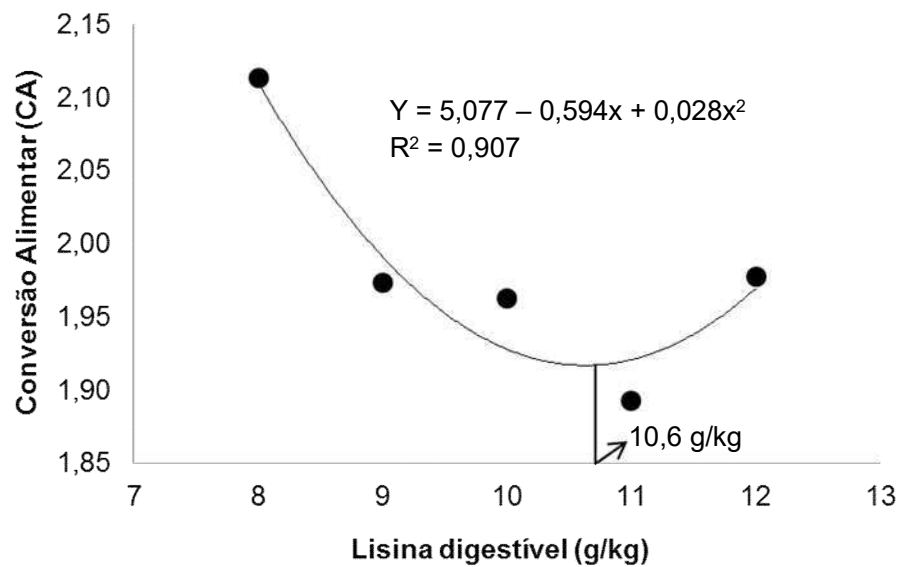


Figura 1 – Efeito quadrático dos tratamentos sobre a conversão alimentar de suínos dos 65 aos 105 dias de idade.

A CA dos suínos correlaciona-se negativamente com o crescimento de tecido magro, e além do sexo, a genética dos animais quanto à capacidade de deposição de proteína na carcaça pode influenciar o nível de Ld em que se obtém melhor resposta (KESSLER, 2001). Neste sentido, pode-se afirmar com base na variação de CA obtida neste estudo, que embora o GPD não tenha variado significativamente, a sua composição pode ter alterado com possível aumento na proporção de proteína depositada.

Ficou ainda evidenciado neste estudo que o nível de Ld que proporcionou melhor eficiência de utilização do alimento para ganho foi superior à demanda para maximizar a taxa de crescimento dos animais de 0,9% de Ld, preconizada por Rostagno *et al.* (2011) na fase de crescimento dos 30 aos 50 kg.

Foi observado efeito ( $P < 0,05$ ) dos níveis de Ld da dieta sobre a ET na carcaça dos animais, que reduziu de forma quadrática até o nível estimado de 10,89 g/kg de Ld (Figura 2). Esse comportamento está de acordo com o que foi observado por Ruiz-Ascacibar *et al.* (2017) ao compararem dietas com nível que atendia o requerimento de lisina e outra com baixo nível de lisina para suínos machos inteiros, machos castrados e fêmeas. Esses autores observaram que com a dieta baixa em proteína houve uma menor

deposição proteica (23%;  $P < 0,05$ ) e um aumento de 14,4% na deposição de gordura da carcaça ( $P = 0,01$ ) quando comparada à dieta controle para machos castrados aos 60 kg.

A taxa de deposição proteica na carcaça é determinada por uma associação entre o potencial genético do animal e a razão entre aminoácidos e energia da dieta, causando ainda, um efeito direto sobre a deposição de gordura na carcaça. Dessa forma, os resultados encontrados podem estar relacionados a uma maior relação Lis:energia disponível da dieta, uma vez que ao aumentar os níveis de Ld, mantendo a dieta isoenergética, a relação Lis:energia aumenta a nível celular, e o efeito do fornecimento de proteína e aminoácidos parece ser menor do que o fornecimento de energia (LI *et al.*, 2016; RUIZ-ASCACIBAR *et al.*, 2017).

Por outro lado, outros estudos avaliando níveis de Ld com suínos em crescimento de diferentes sexos, não observaram variação significativa na ET em razão da variação dos níveis de Ld da dieta (ZANGERONIMO *et al.*, 2009; ROCHA *et al.*, 2014; ALEBRANTE *et al.*, 2015; JACOB, 2017).

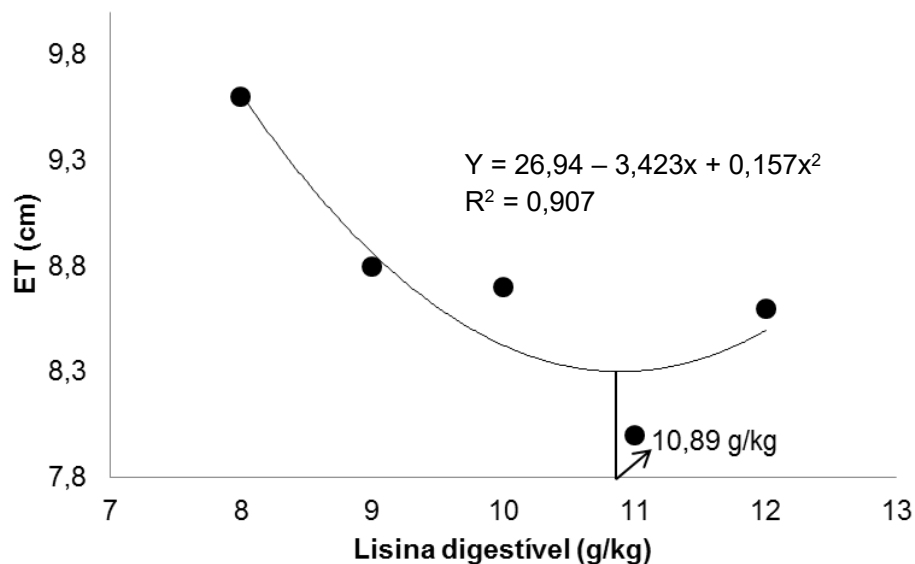


Figura 2 - Efeito quadrático dos tratamentos sobre a espessura de toucinho (ET) de suínos dos 65 aos 105 dias de idade.

No entanto, apesar dos resultados contraditórios entre os estudos, o padrão de resposta encontrado para ET no presente trabalho ratifica os fundamentos encontrados

na literatura em que sugerem uma tendência para maior deposição de gordura na carcaça de suínos em crescimento alimentados com dietas restritas em proteína bruta suplementada com aminoácidos essenciais (LAMBE *et al.*, 2013; SUÁREZ-BELLOCH; LATORRE; GUADA, 2016).

## **CONCLUSÃO**

Os níveis de 10,6 e 10,89 g/kg de lisina digestível na dieta, correspondentes ao consumo de 21,47 e 22 g/dia de lisina digestível, proporcionaram, respectivamente, melhores resultados de conversão alimentar e espessura de toucinho para suínos machos castrados dos 65 aos 105 dias de idade.



## REFERÊNCIAS

- ALEBRANTE, L.; DONZELE, J. L.; DONZELE, R. F. M. de O.; DA SILVA, F. C. de O.; KIEFER, C.; ROCHA, G. C. Lysine requirement for growing-finishing immunocastrated male pigs. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, n. 8, p. 1531–1537, 6 dez. 2015.
- BUFFINGTON, D. E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H. Black globe-humidity index (BGHI) as confort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v. 24, p. 711–714, 1981.
- CERVANTES, M.; COTA, M.; ARCE, N.; CASTILLO, G.; AVELAR, E.; ESPINOZA, S.; MORALES, A. Effect of heat stress on performance and expression of selected amino acid and glucose transporters, HSP90, leptin and ghrelin in growing pigs. **Journal of Thermal Biology**, v. 59, p. 69–76, 2016.
- DE LA LLATA, M.; DRITZ, S. S.; TOKACH, M. D.; GOODBAND, R. D.; NELSEN, J. L. Effects of increasing L-lysine HCl in corn- or sorghum-soybean meal-based diets on growth performance and carcass characteristics of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 9, p. 2420–32, set. 2002.
- FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. F. M. de; DONZELE, J. L.; ARAÚJO, C. V. de; SILVA, F. C. de O.; FONTES, D. de O.; SARAIVA, E. P. Redução do nível de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para suínos machos castrados mantidos em ambiente termoneutro dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 2, p. 548–556, abr. 2005.
- GANDRA, É. R. de S.; TRINDADE NETO, M. A. da; BERTO, D. A.; BUDIÑO, F. E. L.; GANDRA, J. R.; SCHAMMASS, E. A. Digestible lysine levels in diets for pigs from 24 to 50 kg under sanitary segregation. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 9, p. 2039–2047, set. 2012.
- GATTÁS, G.; SILVA, F. C. O.; BARBOSA, F. F.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F. M.; BRUSTOLINI, P. C. Inclusão de lisina digestível em dietas para leitões dos 60 aos 100 dias de idade. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 5, p. 1317–1324, out. 2012.
- GENOVA, J. L.; LEAL, I. F.; RUPOLO, P. E.; REIS, L. E. dos; BARBOSA, V. M. Aminoácidos limitantes na nutrição de suínos. **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 14, n. 5, p. 7032–7045, 2017.
- HAESE, D.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, R. F. M. de; SARAIVA, A.; OLIVEIRA SILVA, F. C. de; KILL, J. L.; ABREU, M. L. T. de. Digestible lysine for barrows of genetic lines selected for meat deposition from 60 to 100 days of age. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 9, p. 1941–1946, set. 2011.

JACOB, R. F. **Níveis e planos nutricionais de lisina digestível para suínos machos castrados em crescimento e terminação criados em ambiente termoneutro.** 2017. Universidade Federal de Viçosa, MG. Dissertação. 2017.

KESSLER, A. M. O significado da conversão alimentar para suínos em crescimento: sua relevância para a modelagem e características de carcaça. In: 2a Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína, Concórdia - SC. **Anais...** Concórdia - SC: 2001.

KORNEGAY, E. T.; HARPER, A. F. Environmental Nutrition: Nutrient Management Strategies to Reduce Nutrient Excretion of Swine. **The Professional Animal Scientist**, v. 13, n. 3, p. 99–111, set. 1997.

LAMBE, N. R.; WOOD, J. D.; MCLEAN, K. A.; WALLING, G. A.; WHITNEY, H.; JAGGER, S.; FULLARTON, P.; BAYNTUN, J.; BÜNGER, L. Effects of low protein diets on pigs with a lean genotype 2. Compositional traits measured with computed tomography (CT). **Meat Science**, v. 95, n. 1, p. 129–136, 1 set. 2013.

LI, Y.; LI, F.; CHEN, S.; DUAN, Y.; GUO, Q.; WANG, W.; WEN, C.; YIN, Y. Protein-Restricted Diet Regulates Lipid and Energy Metabolism in Skeletal Muscle of Growing Pigs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, n. 49, p. 9412–9420, 14 dez. 2016.

LIAO, S. F.; WANG, T.; REGMI, N. Lysine nutrition in swine and the related monogastric animals: muscle protein biosynthesis and beyond. **SpringerPlus**, v. 4, p. 147, 2015.

MONTEIRO, A. N. T. R.; HUEPA, L. M. D.; CASTILHA, L. D.; POZZA, P. C. Síntese proteica em suínos: como fêmeas, machos não castrados e castrados respondem a este processo? **Pubvet**, v. 12, n. 1, p. 1–10, 2018.

NYACHOTI, C. M.; OMOGBENIGUN, F. O.; RADEMACHER, M.; BLANK, G. Performance responses and indicators of gastrointestinal health in early-weaned pigs fed low-protein amino acid-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 1, p. 125–34, jan. 2006.

NYACHOTI, C. M.; ZIJLSTRA, R. T.; DE LANGE, C. F. M.; PATIENCE, J. F. Voluntary feed intake in growing-finishing pigs: A review of the main determining factors and potential approaches for accurate predictions. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 84, n. 4, p. 549–566, 1 dez. 2004.

REZAEI, R.; WANG, W. W.; WU, Z. L.; DAI, Z. L.; WANG, J. J.; WU, G. Biochemical and physiological bases for utilization of dietary amino acids by young pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 4, 2013.

ROCHA, G. C.; DONZELE, J. L.; DONZELE, R. F. M.; SILVA, F. C. O.; KIEFER, C.; ALEBRANTE, L.; PAULINO, P. V. R.; SERÃO, N. V. L. Lisina digestível para leitões em fase de crescimento Digestible lysine for growing gilts. **Ciência Rural**, 2013.

ROCHA, G. C.; DONZELE, J. L.; SILVA, F. C. de O.; DONZELE, R. F. M. de O.; KIEFER, C.; ALEBRANTE, L.; PAULINO, P. V. R.; SERÃO, N. V. L. Nutritional plans of digestible lysine for growing-finishing gilts. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, n. 9, p. 457–463, set. 2014.

RODRIGUES, N. E. B.; TADEU FILHO, E.; ZANGERONIMO, M. G.; CANTARELLI, V. de S.; RODRIGUES, P. B.; RODRIGUES FILHO, M.; GOMIDE, E. M.; BETARELLI, R. P. Reduction in the protein level and addition of oil in diets for finishing pigs under different temperatures. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 8, p. 1878–1883, ago. 2012.

RODRÍGUEZ, A. B.; BODAS, R.; PRIETO, N.; LANDA, R.; MANTECÓN, A. R.; GIRÁLDEZ, F. J. Effect of sex and feeding system on feed intake, growth, and meat and carcass characteristics of fattening Assaf lambs. **Livestock Science**, v. 116, n. 1–3, p. 118–125, 1 jul. 2008.

ROSTAGNO, H. S. .; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. .; GOMES, P. C. .; OLIVEIRA, R. F. .; LOPES, D. C. .; FERREIRA, A. S. .; BARRETO, S. L. T. .; EUCLIDES, R. F. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 ed. 2011.

RUIZ-ASCACIBAR, I.; STOLL, P.; KREUZER, M.; BOILLAT, V.; SPRING, P.; BEE, G. Impact of amino acid and CP restriction from 20 to 140 kg BW on performance and dynamics in empty body protein and lipid deposition of entire male, castrated and female pigs. **Animal**, v. 11, n. 03, p. 394–404, 2 mar. 2017.

SAINTILAN, R.; BROSSARD, L.; VAUTIER, B.; SELLIER, P.; BIDANEL, J.; VAN MILGEN, J.; GILBERT, H. Phenotypic and genetic relationships between growth and feed intake curves and feed efficiency and amino acid requirements in the growing pig. **Animal**, v. 9, n. 1, p. 18–27, 2015.

SAS INSTITUTE INC. **SAS University Edition** ®9, 2004.

SUÁREZ-BELLOCH, J.; GUADA, J. A.; LATORRE, M. A. Effects of sex and dietary lysine on performances and serum and meat traits in finisher pigs. **Animal**, v. 9, n. 10, p. 1731–1739, 6 out. 2015.

SUÁREZ-BELLOCH, J.; LATORRE, M. A.; GUADA, J. A. The effect of protein restriction during the growing period on carcass, meat and fat quality of heavy barrows and gilts. **Meat Science**, v. 112, p. 16–23, 2016.

TOUS, N.; LIZARDO, R.; VILA, B.; GISPERT, M.; FONT-I-FURNOLS, M.; ESTEVE-GARCIA, E. Effect of reducing dietary protein and lysine on growth

performance, carcass characteristics, intramuscular fat, and fatty acid profile of finishing barrows. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 1, p. 129–140, 1 jan. 2014.

WEILER, U.; GÖTZ, M.; SCHMIDT, A.; OTTO, M.; MÜLLER, S. Influence of sex and immunocastration on feed intake behavior, skatole and indole concentrations in adipose tissue of pigs. **Animal**, v. 7, n. 02, p. 300–308, 19 fev. 2013.

ZANGERONIMO, M. G.; FIALHO, E. T.; LIMA, J. A. de F.; GIRÃO, L. V. C.; AMARAL, N. de O.; SILVEIRA, H. Desempenho e características de carcaça de suínos dos 20 aos 50kg recebendo rações com reduzido teor de proteína bruta e diferentes níveis de lisina digestível verdadeira. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1507–1513, ago. 2009.

## CAPÍTULO II

### **Planos nutricionais de lisina digestível em dietas para suínos machos castrados dos 65 aos 160 dias de idade criados em ambiente de calor**

#### **RESUMO**

O objetivo do estudo foi avaliar o efeito de planos nutricionais com níveis sequenciais de lisina digestível (Ld) em dietas para suínos machos castrados em crescimento e terminação sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne. Oitenta leitões, com peso inicial de  $25 \pm 1,93$  kg aos 65 dias, foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com oito repetições e dois animais por baía (unidade experimental), para avaliar o efeito de cinco planos nutricionais de Ld: 8-7-6; 9-8-7; 10-9-8; 11-10-9 e 12-11-10 g de lisina digestível por kg de ração, respectivamente, dos 65 aos 105, 106 aos 135 e 136 aos 160 dias de idade. As rações e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental. A cada troca de fase os animais e as sobras de ração foram pesados para avaliação do desempenho e características de carcaça. Aos 160 dias de idade os animais foram pesados e, após o abate, as carcaças foram avaliadas individualmente para determinar a quantidade de carne e profundidade de músculo com auxílio de uma pistola tipificadora. Foram coletadas amostras do músculo *L. dorsi* de quarenta animais para avaliação da qualidade de carne (cor, pH, força de cisalhamento e perdas de água). O consumo de ração médio diário (CRMD), as variáveis de desempenho e as características de carcaça aos 135 e aos 160 dias não diferiram ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. Houve efeito ( $P < 0,05$ ) dos planos nutricionais sobre a intensidade de vermelho ( $a^*$ ) da carne dos animais que receberam o plano nutricional correspondente a 11-10-9 g/kg de Ld em comparação com os dois com níveis mais baixos de Ld ( $P < 0,05$ ). As demais características de qualidade de carne não foram influenciadas pelos tratamentos. Conclui-se que o plano nutricional de Ld correspondente aos níveis sequenciais de 8-7-6 g de Ld/kg de ração, fornecidos, respectivamente, dos 65 aos 105, 106 aos 135 e 136 aos 160 dias de idade, atende os requerimentos nutricionais de suínos machos castrados sem prejuízos sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne.

**Palavras-chave:** aminoácido, carcaça, desempenho, suínos.

## **Nutritional plans of digestible lysine in diets for barrows from 65 to 160 days of age maintained in a heat environment**

### **ABSTRACT**

The aim of this study was to evaluate the effect of nutritional plans with sequential levels of digestible lysine in diet for growing-finishing castrated male pigs on performance, carcass characteristics and meat quality. Eighty barrows weighing  $25.70 \pm 1.93$  kg at 65 days of age were distributed in a randomized complete block design, with five nutritional plans of digestible lysine (8-7-6; 9-8-7; 10-9-8; 11-10-9 e 12-11-10 g of digestible lysine per kg of feed, respectively, from 65 to 105, 106 to 135 and 136 to 160 days of age) and eight replicates with two animals per experimental unit. Diets and water were provided *ad libitum* to the animals throughout the experimental period that lasted 90 days. At each phase, pigs and the amount of feed provided in each pen (discounted leftovers and wastes) were weighed for performance and carcass characteristics evaluation. At 160 days of age, the animals were weighed and after slaughter, carcasses were evaluated individually using a typifying pistol to evaluate the percentage and the content of carcass meat and backfat thickness. *Longissimus dorsi* muscle samples were collected from forty animals to evaluate meat quality (color, pH, shear force and water losses). From 65 to 160 days, the nutritional plans of digestible lysine had no effect ( $P > 0.05$ ) on feed intake, daily gain weight, feed conversion ratio and carcass characteristic. However, the red intensity ( $a^*$ ) of *Longissimus dorsi* muscle was lower ( $P < 0.05$ ) for the animals that received the nutritional plane corresponding to 11-10-9 g/kg Ld. The other meat quality parameters were not influenced by the treatments. It was concluded that the nutritional plan containing 8-7-6 g of digestible lysine per kg fed from 65 to 105, 106 to 135 and 136 to 160 days, respectively, meet the requirements for performance, carcass characteristics and meat quality for growing-finishing barrows.

**Key words:** amino acids, carcass, performance, swine.

## INTRODUÇÃO

Os recentes avanços nas pesquisas com foco em estratégias nutricionais para alcançar o máximo potencial de utilização dos nutrientes pelos suínos, principalmente proteínas para deposição muscular, mostram que é necessário adequar os níveis de aminoácidos aos requerimentos em cada fase de produção (LI *et al.*, 2017). Em situações comerciais, busca-se equilibrar a relação entre os nutrientes fornecidos pela dieta e as necessidades nutricionais dos animais para cada fase de produção, visando estabelecer programas nutricionais adequados, que influenciam diretamente a rentabilidade do sistema produtivo e a qualidade da carne (CHOI; JIN; LEE, 2015).

A utilização de planos nutricionais interdependentes, baseado em níveis de lisina para cada fase de crescimento do animal, torna-se uma opção eficiente de balanceamento nutricional, permitindo a adaptação das exigências de lisina para deposição proteica de acordo com o potencial genético dos animais (SOUZA, 2015) e o peso final de abate.

Neste sentido, torna-se importante avaliar o efeito metabólico dos níveis de lisina digestível fornecidos nas fases iniciais de crescimento sobre suas exigências nas fases posteriores. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de planos de nutrição baseados em níveis sequenciais de lisina digestível (Ld) em dietas para suínos machos castrados em crescimento e terminação sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção da Universidade Federal de Viçosa (CEUAP/UFV), sob o protocolo de nº 014/2015. O experimento foi realizado entre setembro e dezembro de 2015, na Granja de Suínos da Fazenda Experimental do Vale do Piranga, pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), localizada em Oratórios – MG.

Foram utilizados 80 suínos machos castrados, híbridos comerciais selecionados para alta taxa de deposição de tecido magro na carcaça, provenientes de uma granja comercial, com peso inicial de  $25,70 \pm 1,93$  kg aos 65 dias de idade. Os animais foram distribuídos em um delineamento experimental de blocos ao acaso, composto por cinco planos nutricionais com níveis sequenciais de Ld, oito repetições e dois animais por baia, que foi considerada a unidade experimental. Na formação dos blocos levou-se em consideração o peso inicial dos animais.

Os diferentes níveis de Ld das dietas experimentais foram obtidos a partir da suplementação de L-Lisina HCl 78%, em substituição ao amido, e quando necessário, DL-Metionina 99%, L-Treonina 98%, L-Triptofano 98% e L-Valina 96,5%, resultando em cinco planos nutricionais de três níveis de lisina digestível cada (8-7-6; 9-8-7; 10-9-8; 11-10-9 e 12-11-10 g de Ld por kg de ração), respectivamente, nas fases dos 65 aos 105, dos 106 aos 135 e dos 136 aos 160 dias (Tabela 1).

**Tabela 1** – Planos nutricionais de três níveis de lisina digestível (g/kg, matéria natural) avaliados dos 65 aos 160 dias.

Fase (dias)	Planos nutricionais de lisina digestível				
65 – 105	8	9	10	11	12
106 – 135	7	8	9	10	11
136 – 160	6	7	8	9	10

As dietas experimentais (Tabelas 2, 3 e 4) para as fases dos 65 aos 105 dias, 106 aos 130 dias e 136 aos 160 dias foram formuladas a base de milho e farelo de soja, utilizando na matriz nutricional desses ingredientes os aminoácidos digestíveis, para atender as exigências de suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho superior (ROSTAGNO *et al.*, 2011), exceto para a Ld. A água e as rações (formuladas para serem isoenergéticas) foram fornecidas *ad libitum* durante todo período experimental (95 dias).

Os animais foram alojados em baias em galpão de alvenaria com piso de concreto, coberto com telhas de amianto, com ventilação natural e com as laterais teladas. As baias, com  $1,87\text{m}^2$  por animal, foram equipadas com comedouro semiautomático e bebedouro automático. As condições ambientais no interior do galpão foram monitoradas todos os dias durante o período experimental, registradas por meio de



termômetro de máxima e mínima (7h00), termômetro de bulbo seco e bulbo úmido e de globo negro (7h00, 10h00, 13h00 e 16h00), mantidos no centro do galpão à meia altura do corpo dos animais. Os valores registrados foram convertidos no índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) para caracterização do ambiente, de acordo com a metodologia proposta por BUFFINGTON (1981).

No início do experimento e a cada troca de fase, todos os animais foram pesados e a quantidade de ração fornecida para cada baia (descontadas sobras e desperdícios) foi calculada para determinação dos consumos de ração diários (CRD), do ganho de peso diário (GPD) e da conversão alimentar (CA) nas fases e também foram realizadas as avaliações da área de olho de lombo (AOL) e espessura de toucinho (ET) por meio de ultrassom (Aloka SSD 500<sup>TM</sup>, Aloka Co.); as imagens foram coletadas entre a décima e décima primeira costela.

Ao término do experimento, os animais foram submetidos a jejum alimentar de 12 horas, sendo pesados antes do transporte ao frigorífico Saudali, localizado em Ponte Nova – MG, onde foram mantidos em baias coletivas com acesso *ad libitum* à água, onde permaneceram em descanso por aproximadamente 6 a 8 horas visando manter a uniformização da qualidade da carne das carcaças. Após este período, os animais foram insensibilizados por eletronarcose e abatidos por sangria do tronco braquiocefálico, e passaram pelos procedimentos operacionais padrão adotados pelo estabelecimento de abate. Durante o abate, as carcaças foram identificadas individualmente para subsequente coleta de amostras do músculo *Longissimus dorsi* (LD) na câmara fria.

**Tabela 2** – Composição centesimal e nutricional calculada das rações experimentais para suínos machos castrados na fase de crescimento (65 – 105 dias)

Ingredientes (kg)	Níveis de Lisina digestível (g/kg)				
	8	9	10	11	12
Milho moído 8,8%	70,689	70,689	70,689	70,689	70,689
Farelo soja 46%	25,389	25,389	25,389	25,389	25,389
Fosfato Bicálcico	1,370	1,370	1,370	1,370	1,370
Amido	1,100	0,932	0,672	0,376	0,022
Sal comum	0,405	0,405	0,405	0,405	0,405
Calcário Calcítico	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187
<b>L-lisina HCl 78%</b>	<b>0,00</b>	<b>0,129</b>	<b>0,258</b>	<b>0,387</b>	<b>0,516</b>
DL-metionina 99%	<b>0,00</b>	0,017	0,077	0,137	0,197
L-treonina 98%	<b>0,00</b>	0,022	0,093	0,165	0,237
L-Triptofano 98%	<b>0,00</b>	0,00	0,00	0,017	0,036
L-Valina 96,5%	<b>0,00</b>	0,00	0,00	0,018	0,092
Premix vitamínico <sup>1</sup>	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Premix mineral <sup>2</sup>	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Amoxicilina 10%	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Butilhidroxitolueno	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Composição nutricional<sup>3</sup></b>					
Proteína bruta (%)	17,74	17,88	18,08	18,30	18,58
Cálcio (%)	0,638	0,638	0,638	0,638	0,638
Fósforo disponível (%)	0,314	0,314	0,314	0,314	0,314
Energia Metabolizável (Mcal/kg)	3,226	3,226	3,226	3,226	3,225
<b>Lisina digestível (%)</b>	<b>0,801</b>	<b>0,900</b>	<b>1,000</b>	<b>1,100</b>	<b>1,200</b>
Metionina digestível (%)	0,258	0,275	0,334	0,392	0,451
Met+Cis digestível (%)	0,515	0,532	0,590	0,650	0,709
Treonina digestível (%)	0,566	0,586	0,650	0,716	0,781
Triptofano digestível (%)	0,182	0,182	0,182	0,193	0,216
Valina digestível (%)	0,742	0,742	0,742	0,759	0,828
Isoleucina digestível (%)	0,669	0,669	0,669	0,669	0,669
Sódio (%)	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180

<sup>1</sup>Contendo no mínimo por kg do produto: 2.000.000 UI de vitamina A; 300.000 UI de vitamina D3; 5.000 UI de vitamina E; 625 mg de vitamina K3; 5.000 mcg de vitamina B12; 1.000 mg de vitamina B2; 12,5 mg de biotina; 2.500 mg de ácido pantotênico; 6.250 mg de niacina; 500 mg de butilhidroxitolueno; 250 mg de vitamina B1; 500 mg de vitamina B6; 150 mg de ácido fólico; 60 g de colina; e 12,5 g de vitamina C. <sup>2</sup>Contendo no mínimo por quilograma 125 mg de cobalto; 125 mg de selênio; 17,5 g de ferro; 5.000 mg de cobre; 10 g de manganês; 20 g de zinco; 200 mg de iodo; e veículo q.s.p. 1.000 g. <sup>3</sup>Composição nutricional calculada com base nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO *et al.*, 2011).

**Tabela 3** – Composição centesimal e nutricional calculada das rações experimentais para suínos machos castrados da fase de terminação-I (105 – 135 dias)

Ingredientes (kg)	Níveis de Lisina digestível (g/kg)				
	7	8	9	10	11
Milho moído 7.5%	74,667	74,667	74,667	74,667	74,667
Farelo soja 45%	21,397	21,397	21,397	21,397	21,397
Fosfato Bicálcico	1,177	1,177	1,177	1,177	1,177
Amido	0,970	0,802	0,542	0,239	0,120
Calcário Calcítico	0,524	0,524	0,524	0,524	0,524
Sal comum	0,405	0,405	0,405	0,405	0,405
<b>L-lisina HCl 78%</b>	<b>0,000</b>	<b>0,130</b>	<b>0,259</b>	<b>0,388</b>	<b>0,518</b>
DL-metionina 99%	<b>0,000</b>	0,008	0,063	0,125	0,187
L-treonina 98%	<b>0,000</b>	0,030	0,104	0,178	0,252
L-Triptofano 98%	<b>0,000</b>	0,000	0,002	0,022	0,041
L-Valina 96,5%	<b>0,000</b>	0,000	0,000	0,018	0,092
Premix vitamínico <sup>1</sup>	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Premix mineral <sup>2</sup>	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Florfenicol 4%	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Butilhidroxitolueno	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Composição nutricional<sup>3</sup></b>					
Proteína bruta (%)	16,10	16,25	16,44	16,68	16,94
Cálcio (%)	0,546	0,546	0,546	0,546	0,546
Fósforo disponível (%)	0,269	0,269	0,269	0,269	0,269
Energia Metabolizável (Mcal/kg)	3,224	3,224	3,223	3,223	3,223
<b>Lisina digestível (%)</b>	<b>0,700</b>	<b>0,800</b>	<b>0,900</b>	<b>1,000</b>	<b>1,100</b>
Metionina digestível (%)	0,241	0,248	0,302	0,363	0,424
Met+Cis digestível (%)	0,478	0,486	0,540	0,601	0,661
Treonina digestível (%)	0,510	0,537	0,604	0,671	0,738
Triptofano digestível (%)	0,160	0,160	0,162	0,181	0,199
Valina digestível (%)	0,674	0,674	0,674	0,691	0,760
Isoleucina digestível (%)	0,599	0,599	0,599	0,599	0,599
Sódio (%)	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180

<sup>1</sup>Contendo no mínimo por kg do produto: 2.000.000 UI de vitamina A; 300.000 UI de vitamina D3; 5.000 UI de vitamina E; 625 mg de vitamina K3; 5.000 mcg de vitamina B12; 1.000 mg de vitamina B2; 12,5 mg de biotina; 2.500 mg de ácido pantotênico; 6.250 mg de niacina; 500 mg de butilhidroxitolueno; 250 mg de vitamina B1; 500 mg de vitamina B6; 150 mg de ácido fólico; 60 g de colina; e 12,5 g de vitamina C. <sup>2</sup>Contendo no mínimo por quilograma 125 mg de cobalto; 125 mg de selênio; 17,5 g de ferro; 5.000 mg de cobre; 10 g de manganês; 20 g de zinco; 200 mg de iodo; e veículo q.s.p. 1.000 g. <sup>3</sup>Composição nutricional calculada com base nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO *et al.*, 2011).

**Tabela 4** – Composição centesimal e nutricional calculada das rações experimentais para suínos machos castrados da fase de terminação II (136 – 160 dias)

Ingredientes (kg)	Níveis de Lisina digestível (g/kg)				
	6	7	8	9	10
Milho moído 7.5%	79,056	79,056	79,056	79,056	79,056
Farelo soja 45%	17,430	17,430	17,430	17,430	17,430
Fosfato Bicálcico	1,125	1,125	1,125	1,125	1,125
Amido	1,040	0,896	0,648	0,350	0,00
Calcário Calcítico	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513
Sal comum	0,376	0,376	0,376	0,376	0,376
<b>L-lisina HCl 78%</b>	<b>0,000</b>	<b>0,128</b>	<b>0,258</b>	<b>0,387</b>	<b>0,516</b>
DL-metionina 99%	<b>0,000</b>	0,000	0,038	0,099	0,161
L-treonina 98%	<b>0,000</b>	0,016	0,090	0,164	0,238
L-Triptofano 98%	<b>0,000</b>	0,000	0,006	0,025	0,045
L-Valina 96,5%	<b>0,000</b>	0,000	0,000	0,015	0,089
Premix vitamínico <sup>1</sup>	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Premix mineral <sup>2</sup>	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Butilhidroxitolueno	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Composição nutricional<sup>3</sup></b>					
Proteína bruta (%)	14,52	14,64	14,83	15,06	15,34
Cálcio (%)	0,508	0,508	0,508	0,508	0,508
Fósforo disponível (%)	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Energia Metabolizável (Mcal/kg)	3,244	3,244	3,243	3,242	3,242
<b>Lisina digestível (%)</b>	<b>0,600</b>	<b>0,700</b>	<b>0,800</b>	<b>0,900</b>	<b>1,000</b>
Metionina digestível (%)	0,223	0,223	0,261	0,321	0,381
Met+Cis digestível (%)	0,443	0,443	0,480	0,540	0,601
Treonina digestível (%)	0,455	0,469	0,536	0,603	0,670
Triptofano digestível (%)	0,139	0,139	0,144	0,162	0,181
Valina digestível (%)	0,608	0,608	0,608	0,622	0,691
Isoleucina digestível (%)	0,531	0,531	0,531	0,531	0,531
Sódio (%)	0,169	0,169	0,169	0,169	0,169

<sup>1</sup>Contendo no mínimo por kg do produto: 2.000.000 UI de vitamina A; 300.000 UI de vitamina D3; 5.000 UI de vitamina E; 625 mg de vitamina K3; 5.000 mcg de vitamina B12; 1.000 mg de vitamina B2; 12,5 mg de biotina; 2.500 mg de ácido pantotênico; 6.250 mg de niacina; 500 mg de butilhidroxitolueno; 250 mg de vitamina B1; 500 mg de vitamina B6; 150 mg de ácido fólico; 60 g de colina; e 12,5 g de vitamina C. <sup>2</sup>Contendo no mínimo por quilograma 125 mg de cobalto; 125 mg de selênio; 17,5 g de ferro; 5.000 mg de cobre; 10 g de manganês; 20 g de zinco; 200 mg de iodo; e veículo q.s.p. 1.000 g. <sup>3</sup>Composição nutricional calculada com base nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO *et al.*, 2011).

As carcaças foram individualmente tipificadas com o auxílio de uma pistola modelo S-87 *Stork-SKF*, utilizando-se o sistema informatizado “*Fat-o-Meater Fom*”. Foram obtidos os dados de peso da carcaça quente, rendimento de carcaça (RC), espessura de toucinho (ET), percentagem de carne magra (CM,%) e peso de carne na carcaça (CM, kg).

Na meia carcaça direita foram realizadas medições de pH aos 45 minutos após o abate (pH45min) e 24 horas após o abate (pH24) no músculo LD, entre a 10<sup>a</sup> e 11<sup>a</sup> costelas, utilizando um peagâmetro portátil (Testo 205). Após 24 horas de refrigeração, foram realizadas as coletas das amostras de LD da meia carcaça direita (20 cm sentido cranial a partir da 10<sup>a</sup> costela) de oito animais por tratamento, totalizando 40 amostras que foram utilizadas para a realização das análises de perda por descongelamento (PD), perda por cozimento (PC), cor, textura e teor de extrato etéreo (EE).

Para o cálculo da perda por descongelamento, os bifes congelados com cerca de 2,54 cm de espessura foram pesados em balança semi-analítica e armazenados em temperatura refrigerada (0 a 4 °C) por 24 horas, ou até que estivessem completamente descongeladas. Ao término do tempo estipulado, a amostra foi seca com papel toalha e pesada. A percentagem de água perdida por descongelamento (PD) foi calculada em função do peso inicial, a partir da seguinte equação:

$$PD(\%) = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} \times 100$$

onde: Pi é o peso inicial e Pf é o peso final das amostras.

Para a realização da análise de cor, as amostras foram expostas ao ar por 30 minutos, em ambiente refrigerado ( $\pm 4$  °C), para oxigenação da mioglobina na superfície da amostra (*bloom*), conforme recomendações de Bridi e Silva (2009). Para a análise de cor foi utilizado um colorímetro CR-310; a média de cinco leituras aleatórias foi utilizada para mensurar a luminosidade (valor  $L^*$ ), o índice de vermelho ( $a^*$ ) e o índice de amarelo ( $b^*$ ), com a escala CIELAB.

O método de cocção utilizado foi o cozimento em banho-maria. Os bifes foram pesados e acondicionados em embalagens a vácuo e inseridos por completo em banho-maria a 70°C por 30 minutos, contados a partir do momento de estabilização da

temperatura. Em seguida, os bifes foram retirados, esfriados à temperatura ambiente e pesados novamente. Para o cálculo da perda por cozimento (PC) foi utilizada a seguinte equação:

$$PC(\%) = \frac{(P_{crua} - P_{coz})}{P_{crua}} \times 100$$

onde:  $P_{crua}$  é o peso da amostra antes do cozimento e  $P_{coz}$  é o peso da amostra após o cozimento.

Após o cozimento, esses bifes cozidos foram utilizados para a realização da análise de textura. De cada bife foram retiradas, no mínimo, cinco amostras (replicatas) cilíndricas, a partir de um molde com 1,27 cm de diâmetro, aplicado no sentido longitudinal das fibras musculares. O teste de textura com lâmina única (*Warner-Bratzler Shear Force - WBSF*) foi o método empregado para a análise, utilizando-se equipamento e sonda apropriados, segundo recomendações de Belk *et al.* (2015). O cisalhamento foi feito perpendicularmente à orientação longitudinal das fibras musculares de cada amostra cilíndrica, usando-se uma lâmina WB com velocidade próxima de 20 cm/min.

Para análise centesimal de extrato etéreo (EE), as amostras foram submetidas à liofilização a -80°C, por 72 horas; moídas em moinho tipo bola e acondicionadas em recipientes previamente identificados. Para a correção da análise de EE foi considerada a umidade das amostras. A análise bromatológica de EE foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, de acordo com a metodologia AOCS (Am 5-04, AOCS, 2005), utilizando extrator XT15 (Ankon®), que foram selados por calor. Os sacos foram secos (105 °C) durante 3 h, para reduzir o teor de umidade, sendo, então, pesados. Após esse procedimento, a extração foi realizada durante 50 min a 90 °C. Em seguida, os sacos foram secos em estufa (105 °C durante 30 min) e pesados novamente. O teor de EE foi quantificado pela diferença de peso do saco com a amostra antes e depois da extração (SILVA *et al.*, 2002).

As variáveis estudadas de desempenho (peso final, ganho de peso, consumos de ração e de lisina, e conversão alimentar), das características de qualidade de carne (pH, força de cisalhamento, perdas por descongelamento e cocção, extrato etéreo e cor), e

dados de carcaça (área de olho de lombo e espessura de toucinho) foram submetidas à análise de variância em nível de 5% de significância, utilizando o procedimento GLM do programa estatístico SAS *University Edition*<sup>®</sup> (SAS INSTITUTE INC., 2004). A unidade experimental foi representada pela baía para as variáveis de desempenho e características de qualidade de carne, e pelo indivíduo para os dados de carcaça. Eventuais diferenças entre os planos nutricionais de Ld dos 65 aos 135 dias e dos 65 aos 160 dias foram analisadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Desempenho e características de carcaça

Durante o período experimental de 65 a 105 dias de idade dos animais (crescimento - setembro e outubro), a temperatura do ar foi de  $22,3 \pm 3,0^{\circ}\text{C}$ , a umidade relativa do ar de  $63,8 \pm 14,26\%$  e a temperatura de globo negro de  $24,7 \pm 2,80^{\circ}\text{C}$ , com ITGU calculado correspondendo a 70,3. Considerando que a zona de termoneutralidade para suínos em crescimento está entre 22 e  $24^{\circ}\text{C}$  (CERVANTES *et al.*, 2016) com ITGU entre 68,4 e 70 (FERREIRA *et al.*, 2005), pode-se inferir que os animais foram mantidos em ambiente calor.

Para os períodos de 106 a 135 e 136 a 160 dias de idade (terminação I e II - outubro a dezembro), respectivamente, as temperaturas do ar foram de  $24,8 \pm 2,2^{\circ}\text{C}$  e  $23,9 \pm 2,1^{\circ}\text{C}$ , as temperaturas de globo negro foram  $28,6 \pm 2,3^{\circ}\text{C}$  e  $27,4 \pm 2,13^{\circ}\text{C}$  e as umidades relativas do ar ficaram em 61,3 e 71,8%, resultando em um índice calculado de temperatura de globo negro e umidade (ITGU) de 75,3 e 75. Como as temperaturas médias do ar obtida neste estudo ficaram próximas da temperatura crítica para essa categoria animal, de  $23,9^{\circ}\text{C}$  proposta por Coffey *et al.* (2000) e que o valor de ITGU calculado foi superior a 66,7, considerado por Orlando *et al.* (2006) como de ambiente de termoneutralidade para suínos de 60 a 100 kg, pode-se inferir que, neste estudo, os animais foram mantidos em ambiente de calor.

Os planos nutricionais não influenciaram ( $P>0,05$ ) o consumo de ração médio diário (CRMD) dos suínos em ambos os períodos avaliados (Tabela 5). De forma consistente com esse resultado, Kiefer *et al.* (2011), Alebrante (2012), Rocha *et al.*

(2013) e Jacob (2017), avaliando planos nutricionais correspondentes a níveis de lisina digestível (Ld) para suínos de diferentes sexos em diferentes condições ambientais (calor e termoneutro) nas fases correspondentes às deste estudo, também não observaram variação significativa no CRMD. Assim, pode-se inferir que o sexo dos animais e o ambiente térmico não foram fatores determinantes que influenciaram o padrão de resposta de consumo voluntário ração em razão da variação da concentração de Ld da dieta.

Considerando que, tanto a densidade energética quanto o perfil aminoacídico da dieta podem influenciar a ingestão voluntária de alimentos pelos suínos (NYACHOTI *et al.*, 2004; LI; PATIENCE, 2016), o fato de neste estudo as rações terem sido isoenergéticas e o perfil de aminoácidos ajustados conforme o conceito de proteína ideal para a categoria em estudo, estes foram os principais fatores que contribuíram para o padrão de respostas de CRMD obtidos.

Observou-se efeito ( $P < 0,001$ ) dos planos nutricionais no consumo de Ld (CLd) que aumentou de forma gradativa à medida que se elevou o seu nível na dieta. De forma semelhante, em estudos avaliando planos nutricionais para suínos, correspondentes a níveis sequenciais de Ld, Alebrante (2012) e Rocha *et al.* (2013) também verificaram correlação positiva entre o nível de lisina da dieta e o consumo de Ld pelos suínos dos 65 aos 160 dias de idade. Pelo fato do CRMD não ter variado entre os planos nutricionais avaliados, justifica o aumento gradativo do consumo de Ld em razão direta de sua concentração na dieta.

Não se observou efeito ( $P > 0,05$ ) dos planos nutricionais no ganho de peso diário (GPD) dos animais nos períodos avaliados dos 65 aos 135 dias e dos 65 aos 160 dias de idade. Esses resultados corroboram com os obtidos por Kiefer *et al.* (2011), Alebrante (2012), Rocha *et al.* (2014) e Jacob (2017), que também não verificaram variação significativa no GP dos animais razão das variações dos níveis nutricionais de Ld em planos nutricionais avaliados dos 65 aos 160 dias de idade.



**Tabela 5** – Desempenho e características de carcaça de suínos machos castrados recebendo cinco diferentes planos nutricionais de lisina digestível (Ld) nas dietas dos 65 aos 135 dias e dos 65 aos 160 dias, respectivamente.

	Níveis de Lisina digestível (g/kg)					CV (%)
	65 aos 135 dias					
	8-7	9-8	10-9	11-10	12-11	
Consumo de ração, g/dia	2431,2	2465,8	2448,1	2339,9	2367,8	6,83
Consumo de Ld, g/dia <sup>1</sup>	17,02 <sup>d</sup>	19,73 <sup>c</sup>	22,03 <sup>b</sup>	23,40 <sup>b</sup>	26,05 <sup>a</sup>	7,29
Ganho de peso, g/dia	1047,4	1063,8	1059,6	1055,4	1028,4	5,87
Conversão alimentar, g/g	2,33	2,33	2,32	2,22	2,31	4,85
Área de olho de lombo, cm	42,24	42,33	42,09	41,15	43,39	11,09
Espessura de toucinho, cm	13,41	13,02	13,69	12,96	13,19	17,57
	65 aos 160 dias					CV (%)
	8-7-6	9-8-7	10-9-8	11-10-9	12-11-10	
Peso final, kg	123,99	125,46	125,90	123,25	122,02	5,62
Consumo de ração, g/dia	2673,4	2677,2	2673,6	2554,8	2596,5	7,28
Consumo de Ld, g/dia <sup>1</sup>	16,04 <sup>d</sup>	18,74 <sup>c</sup>	21,39 <sup>b</sup>	22,99 <sup>b</sup>	25,97 <sup>a</sup>	7,50
Ganho de peso, g/dia	1034,8	1049,9	1054,5	1026,5	1013,6	6,43
Conversão alimentar, g/g	2,59	2,56	2,56	2,50	2,52	4,48
Quantidade de carne, kg	50,23	50,79	51,14	51,24	50,10	8,59
Profundidade de músculo, mm	73,73	73,59	76,90	74,93	75,11	9,15
Espessura de toucinho, mm	16,50	17,03	16,98	15,84	16,00	19,90

<sup>1</sup>Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Com esse resultado ficou evidenciado que a sequência com os menores níveis de Ld avaliados atendeu as exigências nutricionais dos animais para expressarem todo seu potencial de crescimento em ambiente de calor. E a similaridade de resultados de GP dos animais entre os planos nutricionais justifica o fato do peso final dos animais não ter variado ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos.

A conversão alimentar (CA) não foi influenciada ( $P > 0,05$ ) pelos planos nutricionais, o que está coerente com os resultados obtidos por Alebrante *et al.* (2015), Rocha *et al.* (2014) e Jacob (2017). A variação da CA seria um indicativo de uma possível alteração na composição do ganho dos suínos com aumento proporcional da deposição de proteína e agregar maior quantidade de água (HALAS *et al.*, 2010), favorecendo a eficiência alimentar dos animais. Pode-se inferir com os dados de CA

obtidos nesse estudo, que provavelmente a deposição de proteína na carcaça não foi comprometida entre os diferentes planos nutricionais.

Em contraste com os resultados obtidos neste estudo, Souza (2009) avaliando planos de nutrição correspondentes a níveis de Ld para suínos machos castrados e fêmeas, observou melhora ( $P < 0,05$ ) no GP e na CA dos animais na fase de 60 a 130 dias com o plano nutricional de 1,15-1,05% Ld comparativamente ao de 0,85-0,75% Ld. A inconsistência dos resultados entre os estudos pode ser justificada pela diferença de peso corporal dos animais no final da fase dos 60 aos 130 dias, em que no estudo de Souza (2009) correspondeu a 77,78 kg comparativamente a 99,26 kg do presente estudo. O fato da máxima deposição de proteína na carcaça de suínos ocorrer no peso aproximado de 70 kg (SCHINCKEL *et al.*, 2008), fundamenta a hipótese proposta de que a diferença de peso foi o fator determinante que justificaria o padrão de resposta dos níveis de Ld.

Considerando ainda que, na fase de crescimento dos 65 aos 105 dias, a CA variou entre os tratamentos, com melhor resultado sendo obtido no nível de 11g/kg de Ld (Capítulo I), pode-se afirmar com base nos resultados de CA das fases subsequentes avaliadas que pode ter ocorrido uma adaptação no metabolismo proteico do animal que resultou na recuperação da composição do ganho. De acordo com relato de Reynolds e O'Doherty (2006), suínos submetidos a uma restrição proteica são capazes de ajustar seu metabolismo reduzindo a taxa de catabolismo. Neste sentido, Millet *et al.*, (2011) relataram que suínos em crescimento e terminação utilizam mais eficientemente os aminoácidos quando as suas concentrações na dieta são menores. Ainda de acordo com Yin *et al.*, (2017), a restrição de proteína na dieta de suínos reduziu significativamente a concentração de ureia no sangue, sugerindo que dieta baixa em proteína melhora o metabolismo de proteína.

Ainda de acordo com Waterland & Garza (1999) o organismo animal é capaz de criar uma memória metabólica em relação às experiências nutricionais na fase inicial de crescimento, ou seja, desenvolver respostas adaptativas tanto ao excesso de nutrientes, quanto à sua escassez, caracterizando um *imprinting* metabólico. Em estudo conduzido com suínos da desmama aos 140 dias de idade, Magowan *et al.* (2011) caracterizaram a ocorrência de *imprinting* metabólico dos suínos por meio dos resultados diferenciados

de desempenho obtidos na fase final de crescimento em razão da utilização de diferentes programas nutricionais fornecidos no período pós desmame.

Com relação as características de carcaça, foi constatado que os planos nutricionais não influenciaram ( $P>0,05$ ) nenhuma das variáveis analisadas tanto na fase de 65 a 135 dias de idade por meio da área de olho de lombo (AOL) e espessura de toucinho (ET) quanto na fase de 65 a 160 dias de idade por meio da quantidade de carne, profundidade de músculo e ET. De forma similar, Rocha *et al.* (2014) e Jacob (2017) também não observaram variação significativa nas variáveis de características de carcaça devido a diferentes planos nutricionais correspondentes a níveis sequenciais de lisina fornecida aos animais dos 60 aos 135 dias de idade.

Os dados de características de carcaça e a quantidade de carne obtidos dos 65 aos 135 e dos 65 aos 160 dias estão consistentes com os de CA, confirmando o relato anterior da recuperação na deposição de proteína na carcaça caracterizando um provável *imprinting* metabólico no metabolismo proteico.

De acordo com Reynolds e O'Doherty (2006), a restrição de lisina durante a fase de crescimento pode não comprometer o desempenho final nas fases subsequentes desde que o nível de lisina seja restabelecido. Dessa forma, pode-se inferir que os níveis de Ld avaliados neste estudo que corresponderam a 7 e 6 g/kg de Ld atenderam as exigências dos suínos, respectivamente, nas fases de 106 a 135 e de 136 a 160 dias de idade.

Com esses resultados ficou evidenciado que os níveis nutricionais de Ld proposta por Rostagno *et al.* (2017) para suínos machos castrados de alto potencial genético com desempenho médio superior, que correspondem respectivamente a 0,805 e 0,697 de Ld nas fases correspondentes às deste estudo, podem estar superestimadas.

### **Qualidade de carne**

Os resultados das características físicas e sensoriais da carne de suínos em crescimento e terminação recebendo diferentes planos nutricionais estão apresentados na Tabela 6.

Os planos nutricionais de Ld não influenciaram ( $P>0,05$ ) os parâmetros de cor quanto à luminosidade ( $L^*$ ) e intensidade de amarelo ( $b^*$ ) do músculo. No entanto, para

a intensidade de vermelho ( $a^*$ ), o plano nutricional correspondente a 11-10-9 g/kg de Ld resultou em valor menor ( $P=0,002$ ) quando comparado aos planos em que se utilizou as duas menores sequências de Ld. De forma coerente a esses resultados, Lee *et al.* (2014) avaliando planos nutricionais de lisina para suínos machos castrados e fêmeas em terminação observaram comportamento semelhante nos parâmetros de cor do músculo *L. dorsi*.

A redução da intensidade de vermelho ( $a^*$ ) com o aumento do aporte de Ld pode estar associada à redução das concentrações de mioglobina e de seu conteúdo relativo quanto às formas químicas oxigenadas no músculo (KARAMUCKI *et al.*, 2013; PAULK *et al.*, 2014; CHOI; JIN; LEE, 2015).

No entanto, o aumento da intensidade de vermelho ( $a^*$ ) no músculo associado a menor concentração de Ld na dieta, pode ser justificada por uma redução gradativa na relação Lis:energia da dieta (ZOU *et al.*, 2014). Ressalta-se que esta é uma característica positiva de qualidade de carne, uma vez que os consumidores têm preferência por carnes mais avermelhadas.

Os planos nutricionais com níveis crescentes de Ld não influenciaram ( $P>0,05$ ) as variáveis pH 45 minutos e pH 24 horas, que apresentaram variação dentro do padrão de normalidade (CALDARA *et al.*, 2012) com valor de pH  $>6,0$  aos 45 minutos e entre 5,7 e 6,1 às 24 horas após o abate.

**Tabela 6** – Qualidade de carne avaliada no músculo *longissimus dorsi* de suínos machos castrados recebendo cinco diferentes planos nutricionais de lisina digestível (Ld) nas dietas dos 65 aos 160 dias

Parâmetros	Níveis de Lisina digestível (g/kg)					CV%
	8-7-6	9-8-7	10-9-8	11-10-9	12-11-10	
Cor						
a*	7,59 <sup>a</sup>	7,02 <sup>a</sup>	6,34 <sup>ab</sup>	5,67 <sup>b</sup>	6,50 <sup>ab</sup>	13,42
b*	14,43	14,22	14,14	13,42	13,77	6,26
L*	55,17	54,89	55,34	54,37	54,79	3,80
pH						
45min	6,21	6,18	6,26	6,26	6,33	4,08
24h	5,73	5,71	5,75	5,66	5,75	2,08
Força de cisalhamento, kgf	3,30	3,47	3,44	3,52	3,03	16,40
Perda por descongelamento, %	5,90	6,36	7,80	5,92	6,00	27,80
Perda por cocção, %	21,29	21,89	20,59	21,87	20,72	13,30
Extrato etéreo, %	7,68	7,47	6,06	6,57	5,68	34,51

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Com relação à força de cisalhamento (FC), foi verificado que os planos nutricionais não influenciaram (P>0,05) essa característica de qualidade da carne, cujos valores variaram de 3,03 a 3,52 kgf/kg. Embora não tenha havido diferença significativa, foi constatado que em valores absolutos a FC reduziu gradativamente em até 14% a medida em que diminuiu o nível de Ld da dieta. Estes resultados estão consistentes com diversos autores (MADEIRA *et al.*, 2013; SUÁREZ-BELLOCH; LATORRE; GUADA, 2016; YIN *et al.*, 2017) que associaram a redução da FC da carne em razão da diminuição do nível de Ld na dieta. Em conformidade com o presente estudo, Yin *et al.*, (2017) conduzindo trabalho com suínos em crescimento e terminação também verificaram que a redução de proteína da dieta resultou em aumento da luminosidade (L\*) e redução da FC da carne.

Não foi observada variação (P>0,05) nas perdas de água por descongelamento e por cocção em razão dos planos nutricionais. O fato dos valores de perdas de água da carne não ter variado, estaria coerente com os resultados de luminosidade (L\*), que por

ser dependente dessa característica também não variaram entre os tratamentos. Em estudo conduzido com suínos, Suárez-Belloch *et al.* (2016) também relataram haver uma associação entre a capacidade de retenção de água com a luminosidade da carne.

Não se observou efeito ( $P > 0,05$ ) dos planos nutricionais na concentração de gordura no músculo *L. dorsi*. Apesar de não ter ocorrido variação significativa, foi constatado que a concentração de gordura intramuscular (GIM) aumentou de forma gradativa em até 35% em valor absoluto com a redução do nível de Ld da dieta. Em estudos conduzidos por Wang *et al.* (2012), Zou *et al.* (2014) e Li *et al.* (2016) com suínos em crescimento e terminação ficou evidenciado que o conteúdo de GIM pode ser manipulado através de uma dieta deficiente em lisina, com restrição proteica e/ou pela redução da relação Lis:energia. Correlação negativa entre a concentração de GIM e o nível de Ld em dietas para suínos em crescimento e terminação também foi relatado por Witte *et al.* (2000); Suárez-Belloch *et al.* (2015; 2016), Ruiz-Ascacibar *et al.* (2017).

O aumento consistente nos valores de GIM observada neste estudo com a redução dos níveis de lisina da dieta pode estar associada, segundo Wang *et al.* (2012), a um aumento na expressão das proteínas SREBP1 (*Sterol regulatory element-binding protein 1*), e PPAR- $\gamma$  (*Peroxisome proliferator-activated receptor gamma*). Segundo esses autores, o efeito positivo da expressão dessas proteínas na concentração de GIM dos suínos estaria associado aos efeitos da SREBP1 na ativação das enzimas lipogênicas Acetil-CoA Carboxilase (ACC) e Ácido-graxo Sintetase (AGS), e da expressão do PPAR- $\gamma$  inibindo a atividade da enzima lipolítica Lipase Hormônio Sensível (LHS) no tecido muscular. Ainda com relação à concentração de GIM, Doran *et al.* (2006), associaram esse efeito ao aumento da expressão da proteína *Stearoyl-CoA desaturase* (SCD), envolvida na lipogênese, em razão da redução do nível de proteína da dieta de suínos. Ressalta-se que, por não ter sido determinada, não foi possível nesse estudo comprovar os efeitos da redução dos níveis de lisina da dieta no aumento da expressão dessas proteínas no tecido muscular dos animais.

Além do possível efeito da manipulação dietética de lisina sobre a expressão de proteínas relacionadas à deposição de gordura muscular, o aumento consistente, embora não significativo ( $P > 0,05$ ), da concentração de gordura no músculo *L. dorsi* encontrado no presente estudo pode estar relacionado a uma maior disponibilidade de energia na dieta, uma vez que ao reduzir os níveis de Ld entre os tratamentos a relação Lis:energia

reduz a nível celular, desencadeando assim uma menor ativação da enzima AMPK $\alpha$ , favorecendo a expressão de enzimas lipogênicas e aumentando a deposição de gordura muscular (LI *et al.*, 2016).

Como a concentração de GIM tem sido diretamente relacionada com os parâmetros de qualidade sensorial da carne (maciez, suculência e valor nutricional) (WANG *et al.*, 2012; ZOU *et al.*, 2014; SUÁREZ-BELLOCH; LATORRE; GUADA, 2016), pode-se afirmar que além de não prejudicar o desempenho, o plano nutricional em que se avaliaram os menores níveis de lisina, que corresponderam a 8-7-6 g/kg, favoreceu a qualidade da carne.

Com base nos resultados de desempenho, características de carcaça e qualidade de carne dos animais obtidos neste estudo, pode-se afirmar que a estratégia nutricional de se estabelecer as exigências utilizando planos nutricionais (sequência de nível de Ld) em razão de prováveis alterações no metabolismo proteico, possibilita maximizar a produção qualificada utilizando menor aporte aminoacídico, principalmente na fase dos 65 aos 105 dias, comparativamente à avaliação feita por fases de crescimento. Essa diferença de estratégia no estabelecimento das exigências nutricionais de lisina digestível para suínos justifica inclusive o relato anterior de que as exigências nutricionais estabelecidas por Rostagno *et al.* (2017) podem estar superestimadas, uma vez que são utilizados dados estabelecidos dentro de cada fase de crescimento de forma isolada, sem contemplar os efeitos nas fases seguintes.

## CONCLUSÃO

O plano nutricional de lisina digestível correspondente aos níveis sequenciais de 8-7-6 g de Ld por kg de ração fornecidos, respectivamente, dos 65 aos 105, dos 106 aos 135 e dos 136 aos 160 dias, atende as exigências de lisina digestível para melhores resultados de desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de suínos machos castrados mantidos em ambiente de calor.



## REFERÊNCIAS

- ALEBRANTE, L. **Níveis e planos nutricionais de lisina digestível para suínos machos do crescimento à terminação**. 2012. Universidade Federal de Viçosa, MG. Tese. 2012.
- ALEBRANTE, L.; DONZELE, J. L.; DONZELE, R. F. M. de O.; DA SILVA, F. C. de O.; KIEFER, C.; ROCHA, G. C. Lysine requirement for growing-finishing immunocastrated male pigs. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, n. 8, p. 1531–1537, 6 dez. 2015.
- BELK, K. E.; DIKEMAN, M. E.; CALKINS, C. R.; ANDY KING, D.; SHACKELFORD, S. D.; HALE, D.; LAIRD, H. **Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Meat**. American Meat Science Association. 105p. 2015.
- BUFFINGTON, D. E.; COLAZZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H. Black globe-humidity index (BGHI) as confort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v. 24, p. 711–714, 1981.
- CALDARA, F. R.; SANTOS, V. m. O.; SANTIAGO, J. C.; ALMEIDA PAZ, I. C. L.; GARCIA, R. G.; VARGAS JR, F. M.; SANTOS, L. S.; NÄÄS, I. A. Propriedades físicas e sensoriais da carne suína PSE. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 3, p. 815–824, 2012.
- CERVANTES, M.; COTA, M.; ARCE, N.; CASTILLO, G.; AVELAR, E.; ESPINOZA, S.; MORALES, A. Effect of heat stress on performance and expression of selected amino acid and glucose transporters, HSP90, leptin and ghrelin in growing pigs. **Journal of Thermal Biology**, v. 59, p. 69–76, 2016.
- CHOI, J. S.; JIN, S.-K.; LEE, C. Y. Assessment of growth performance and meat quality of finishing pigs raised on the low plane of nutrition. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 57, n. 1, p. 37, 5 dez. 2015.
- COFFEY, R. D.; PARKER, G. R.; LAURENT, K. M. **Feeding Growing-Finishing Pigs to Maximize Lean Growth Rate**. University of Kentucky College of Agriculture, 2000.
- DORAN, O.; MOULE, S. K.; TEYE, G. A.; WHITTINGTON, F. M.; HALLETT, K. G.; WOOD, J. D. A reduced protein diet induces stearoyl-CoA desaturase protein expression in pig but not in subcutaneous adipose tissue: relationship with intramuscular lipid formation. **British Journal of Nutrition**, v. 95, p. 609–617, 2006.
- FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, R. F. M. de; DONZELE, J. L.; ARAÚJO, C. V. de; SILVA, F. C. de O.; FONTES, D. de O.; SARAIVA, E. P. Redução do nível de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para suínos machos castrados mantidos em ambiente termoneutro dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**,

v. 34, n. 2, p. 548–556, abr. 2005.

HALAS, V.; BABINSZKY, L.; DIJKSTRA, J.; VERSTEGEN, M. W. A.; GERRITS, W. J. J. Efficiency of fat deposition from non-starch polysaccharides, starch and unsaturated fat in pigs. **British Journal of Nutrition**, v. 103, p. 123–133, 2010.

JACOB, R. F. **Níveis e planos nutricionais de lisina digestível para suínos machos castrados em crescimento e terminação criados em ambiente termoneutro**. 2017. Universidade Federal de Viçosa, 2017.

KARAMUCKI, T.; JAKUBOWSKA, M.; RYBARCZYK, A.; GARDZIELEWSKA, J. The influence of myoglobin on the colour of minced pork loin. **Meat Science**, v. 94, p. 234–238, 2013.

KIEFER, C.; LOPES DONZELE, J.; FLÁVIA, R.; DE OLIVEIRA, M. Planos nutricionais de lisina digestível para suínos machos imunocastrados em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 9, p. 1955–1960, 2011.

LI, Q.; PATIENCE, J. F. Factors involved in the regulation of feed and energy intake of pigs. **Animal Feed Science and Technology**, n. 233, p. 22-33, 2016.

LI, Y. H.; LI, F. N.; WU, L.; LIU, Y. Y.; WEI, H. K.; LI, T. J.; TAN, B. E.; KONG, X. F.; WU, F.; DUAN, Y. H.; OLADELE, O. A.; YIN, Y. L. Reduced dietary protein level influences the free amino acid and gene expression profiles of selected amino acid transceptors in skeletal muscle of growing pigs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 101, n. 1, p. 96–104, fev. 2017.

LI, Y.; LI, F.; CHEN, S.; DUAN, Y.; GUO, Q.; WANG, W.; WEN, C.; YIN, Y. Protein-Restricted Diet Regulates Lipid and Energy Metabolism in Skeletal Muscle of Growing Pigs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, n. 49, p. 9412–9420, 14 dez. 2016.

MADEIRA, M. S.; COSTA, P.; ALFAIA, C. M.; LOPES, P. A.; BESSA, R. J. B.; LEMOS, J. P. C.; PRATES, J. A. M. The increased intramuscular fat promoted by dietary lysine restriction in lean but not in fatty pig genotypes improves pork sensory attributes. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 3177–3187, 2013.

MAGOWAN, E.; BALL, M. E. E.; MCCRACKEN, K. J.; BEATTIE, V. E.; BRADFORD, R.; ROBINSON, M. J.; SCOTT, M.; GORDON, F. J.; MAYNE, C. S. The performance response of pigs of different wean weights to ‘high’ or ‘low’ input dietary regimes between weaning and 20 weeks of age. **Livestock Science**, v. 136, n. 2–3, p. 232–239, 1 abr. 2011.

MILLET, S.; LANGENDRIES, K.; ALUWÉ, M.; DE BRABANDER, D. L. Effect of amino acid level in the pig diet during growing and early finishing on growth response during the late finishing phase of lean meat type gilts. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 7, p. 1254–1258, maio 2011.

NYACHOTI, C. M.; ZIJLSTRA, R. T.; DE LANGE, C. F. M.; PATIENCE, J. F. Voluntary feed intake in growing-finishing pigs: A review of the main determining factors and potential approaches for accurate predictions. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 84, n. 4, p. 549–566, 1 dez. 2004.

ORLANDO, U. A. D.; OLIVEIRA, R. F. M.; DONZELE, J. L.; FERREIRA, R. A.; SILVA, F. C. O.; VAZ, R. G. M.; SIQUEIRA, J. C. Níveis de proteína bruta e suplementação de aminoácidos em rações para leitoas mantidas em ambiente termoneutro dos 60 aos 100 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 478–484, 2006.

PAULK, C. B.; TOKACH, M. D.; NELSEN, J. L.; BURNETT, D. D.; VAUGHN, M. A.; PHELPS, K. J.; DRITZ, S. S.; DEROUCHÉY, J. M.; GOODBAND, R. D.; WOODWORTH, J. C.; HOUSER, T. A.; HAYDON, K. D.; GONZALEZ, J. M. Effect of dietary zinc and ractopamine hydrochloride on pork chop muscle fiber type distribution, tenderness, and color characteristics. **Journal of Animal Science**, v. 92, n. 5, p. 2325–2335, 1 maio 2014.

REYNOLDS, A. M.; O'DOHERTY, J. V. The effect of amino acid restriction during the grower phase on compensatory growth, carcass composition and nitrogen utilisation in grower–finisher pigs. **Livestock Science**, v. 104, n. 1–2, p. 112–120, 1 out. 2006.

ROCHA, G. C.; DONZELE, J. L.; DONZELE, R. F. M.; SILVA, F. C. O.; KIEFER, C.; ALEBRANTE, L.; PAULINO, P. V. R.; SERÃO, N. V. L. Lisina digestível para leitoas em fase de crescimento Digestible lysine for growing gilts. **Ciência Rural**, 2013.

ROCHA, G. C.; DONZELE, J. L.; SILVA, F. C. de O.; DONZELE, R. F. M. de O.; KIEFER, C.; ALEBRANTE, L.; PAULINO, P. V. R.; SERÃO, N. V. L. Nutritional plans of digestible lysine for growing-finishing gilts. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 43, n. 9, p. 457–463, set. 2014.

ROSTAGNO, H. S. .; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. .; GOMES, P. C. .; OLIVEIRA, R. F. .; LOPES, D. C. .; FERREIRA, A. S. .; BARRETO, S. L. T. .; EUCLIDES, R. F. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3 ed., 2011.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; ABREU, M. L. T.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C. O. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4a Ed, 2017

RUIZ-ASCACIBAR, I.; STOLL, P.; KREUZER, M.; BOILLAT, V.; SPRING, P.; BEE, G. Impact of amino acid and CP restriction from 20 to 140 kg BW on performance and dynamics in empty body protein and lipid deposition of entire male, castrated and female pigs. **Animal**, v. 11, n. 03, p. 394–404, 2 mar. 2017.

SAS INSTITUTE INC. **SAS University Edition** ®9, 2004.

SCHINCKEL, A. P.; MAHAN, D. C.; WISEMAN, T. G.; EINSTEIN, M. E. Growth of protein, moisture, lipid, and ash of two genetic lines of barrows and gilts from twenty to one hundred twenty-five kilograms of body weight<sup>1</sup>. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 2, p. 460–471, 1 fev. 2008.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos - Métodos químicos e biológicos**. 2002.

SOUZA, L. P. O. **Níveis de lisina digestível e planos de nutrição para suínos machos castrados e fêmeas dos 18 aos 107 kg**. 2009. Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

SOUZA, M. F. **Lisina digestível e ractopamina em rações para suínos machos castrados em terminação nos períodos de inverno e verão**. 2015. Universidade Federal de Viçosa, 2015.

SUÁREZ-BELLOCH, J.; GUADA, J. A.; LATORRE, M. A. The effect of lysine restriction during grower period on productive performance, serum metabolites and fatness of heavy barrows and gilts. **Livestock Science**, v. 171, p. 36–43, 2015.

SUÁREZ-BELLOCH, J.; LATORRE, M. A.; GUADA, J. A. The effect of protein restriction during the growing period on carcass, meat and fat quality of heavy barrows and gilts. **Meat Science**, v. 112, p. 16–23, 2016.

WANG, J.; ZHAO, S. M.; SONG, X. L.; PAN, H. B.; LI, W. Z.; ZHANG, Y. Y.; GAO, S. Z.; CHEN, D. W.; CHANG, K. C. Low protein diet up-regulate intramuscular lipogenic gene expression and down-regulate lipolytic gene expression in growth–finishing pigs. **Livestock Science**, v. 148, n. 1–2, p. 119–128, set. 2012.

WATERLAND, R. A.; GARZA, C. Potential mechanisms of metabolic imprinting that lead to chronic disease. **The American journal of clinical nutrition**, v. 69, n. 2, p. 179–97, fev. 1999.

WITTE, D. P.; ELLIS, M.; MCKEITH, F. K.; WILSON, E. R. Effect of dietary lysine level and environmental temperature during the finishing phase on the intramuscular fat content of pork. **Journal of Animal Science**, v. 78, n. 5, p. 1272, 1 maio 2000.

YIN, J.; LI, Y.; ZHU, X.; HAN, H.; REN, W.; CHEN, S.; BIN, P.; LIU, G.; HUANG, X.; FANG, R.; WANG, B.; WANG, K.; SUN, L.; LI, T.; YIN, Y. Effects of Long-Term Protein Restriction on Meat Quality, Muscle Amino Acids, and Amino Acid Transporters in Pigs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 65, n. 42, p. 9297–9304, 25 out. 2017.

ZOU, T.; MAO, X.; YU, B.; HE, J.; ZHENG, P.; YU, J.; CHEN, D. Effects of dietary energy density and apparent ileal digestible lysine:digestible energy ratio on growth

performance, meat quality, and peroxisome proliferator-activated receptor  $\gamma$  (PPAR $\gamma$ ) gene expression of muscle and adipose tissues in Landrace $\times$ Rongchan. **Livestock Science**, v. 167, p. 219–226, 2014.